Lothar Sabrowsky

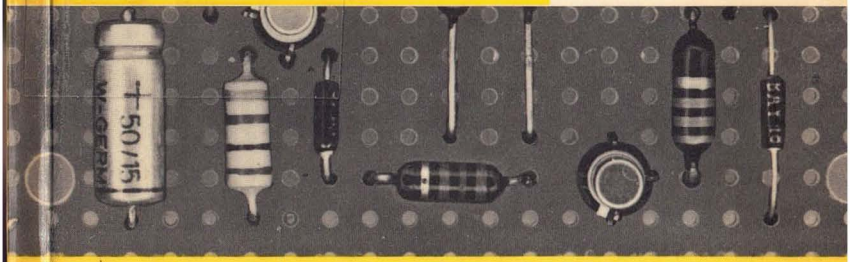
hte Start

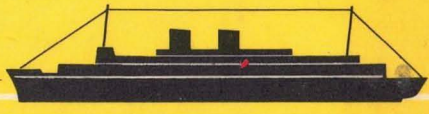
rnsteuern

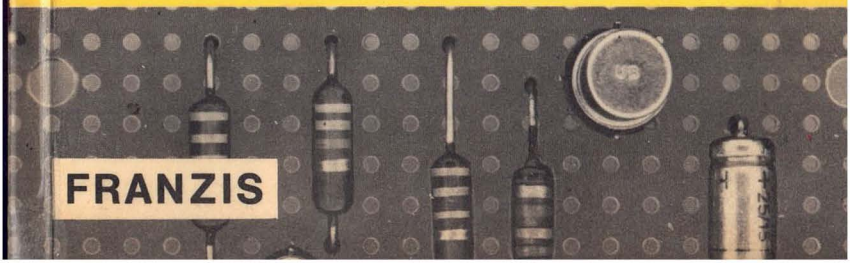
RPB

electronic-
baubücher
heute und morgen

319/321







FRANZIS

Berichtigungszettel

zu: Der leichte Start zum Funkfernsteuern
von Lothar Sabrowsky

Radio-Praktiker-Bücherei Nr. 319/321

Auf Seite 58 dieses Buches ist infolge eines bedauerlichen Versehens eine falsche Schaltung eingefügt worden.

Die richtige Schaltung

findet der Leser nachstehend. Auf Wunsch kann sie ausgeschnitten und auf die falsche Schaltung Bild 18 aufgeklebt werden.

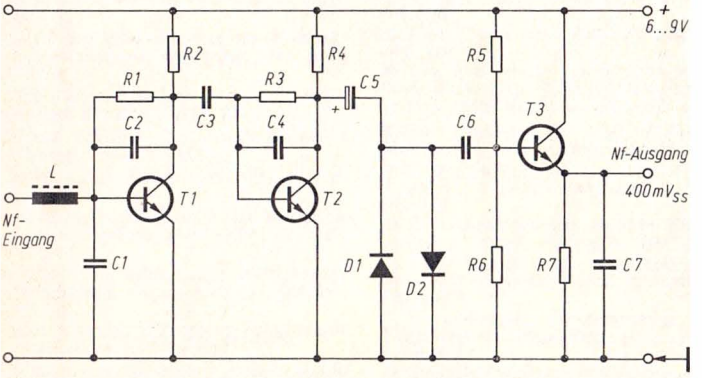


Bild 18. Schaltung des Nf-Verstärkers mit Begrenzer

Der leichte Start zum Funkfernsteuern

Von
Lothar Sabrowsky

Mit insgesamt 72 Bildern

Franzis-Verlag München

Nr. 319/321 der RADIO-PRAKTIKER-BÜCHEREI

electronic-baubücher heute und morgen

1970

Franzis-Verlag G. Emil Mayer KG

Sämtliche Rechte — besonders das Übersetzungs[illegible] und Bildern vorbehalten. Fotomechanische Vervielfältigung nur mit Genehmigung des Verlages. Jeder Nachdruck, auch auszugsweise, und jede Wiedergabe der Bilder, auch in verändertem Zustand, sind verboten.

Druck: Buchdruckerei A. Sighart, Fürstenfeldbruck, Bahnhofweg 1
Printed in Germany. Imprimé en Allemagne.

Vorwort

Dieses Buch will keinen allgemeinen Überblick über alle gebräuchlichen Fernsteuersysteme geben, sondern es wendet sich gezielt an jene Leser, die mit den Grundlagen der Radiotechnik und Elektronik vertraut sind und sich aus Freude am eigenen Schaffen eine komplette, individuell gestaltete Funkfernsteueranlage erstellen möchten.

Darum wurde bewußt auf ein Besprechen industrieller Geräte verzichtet. Der Praktiker möchte ganz genau wissen, wie man es macht, und zwar ohne riesigen Meßgerätepark – mit seinen überwiegend amateurmäßigen Mitteln.

Man darf nun nicht erwarten, ausschließlich mit Lötkolben und Schraubenzieher eine digital gesteuerte, voll simultane und proportionale Anlage bauen zu können. Solche Vorhaben bleiben den Spezialisten vorbehalten, die über die notwendigen elektronischen Kenntnisse und zugleich über einen umfangreichen Meßplatz verfügen.

Doch muß man gleich „supermodern" sein? Natürlich nicht. Kein Modellbauer beginnt sofort mit einem Rekord-Flugmodell, das 300 Stundenkilometer und mehr fliegt. Fernsteuer-Erfahrung sammelt man zuerst an Schiffen oder Motorseglern, und dafür sind auch die in diesem Buch beschriebenen Geräte gedacht. Sie sind technisch unkompliziert und trotzdem leistungsfähig.

Lothar Sabrowsky

Wichtiger Hinweis

Alle Schaltungen und Verfahren werden ohne Rücksicht auf die Patentlage mitgeteilt, denn sie sind ausschließlich für Lehr-, Versuchs- und Amateurzwecke bestimmt.
Bei gewerblicher Nutzung ist vorher die Genehmigung des möglichen Lizenzinhabers einzuholen.

Inhalt

Einführung 7

I Diodenempfänger 11

Allgemeines 11
1 Einfacher Diodenempfänger für 27,12 MHz . . . 14
2 27,12-MHz-Diodenempfänger mit Hf-Vorstufe . . . 20
3 27,12-MHz-Diodenempfänger mit entdämpfter MOS-FET-Vorstufe 25

II Pendelempfänger (Pendler) 31

Allgemeines 31
1 27,12-MHz-Pendler 33
2 27,12-MHz-Pendelempfänger mit Hf-Vorstufe . . . 39
3 27,12-MHz-Pendler mit getrenntem Pendeloszillator . 44

III Nf-Verstärker für Fernsteuerempfänger 49

Allgemeines 49
1 Breitbandiger Nf-Verstärker ohne Begrenzer . . . 51
2 Nf-Verstärker mit Begrenzer und Impedanzwandlerstufe 56
3 Nf-Verstärker mit hochohmigem Eingangswiderstand . 62

IV Relaisschaltstufen 67

Allgemeines 67
1 Breitbandige Relaisschaltstufe für Diodenempfänger . 69
2 Rauschspannungsgesteuerte Relaisschaltstufe für Pendelempfänger 73
3 Selektive Relaisschaltstufe mit Serien-Tonkreis und MOS-Feldeffekttransistor 78
4 Selektive Relaisschaltstufe mit Serien-Tonkreis und zweistufigem Schaltverstärker 83
5 2-Kanal-Schaltstufe mit kontaktlosem Ausgang . . 88
6 Steckbare 6-Kanal-Schaltstufe ohne Relais . . . 94
7 Steckbare 4-Kanal-Relaisschaltstufe 100

V Vollständige Empfänger 107

1 Miniaturempfänger für 27,12 MHz bzw. 40,68 MHz . . 107
2 Steckbarer 2-Kanal-Empfänger für 27,12 MHz oder 40,68 MHz 112
3 Steckbarer 1-Kanal-Empfänger für 40,68 MHz mit getrenntem Pendeloszillator 119
Kombinationen und Stromversorgung der Empfänger-Bausteine 127

VI Sender 131

Allgemeines 131
1 1-Kanal-Handsender für 27,12 MHz 133
2 Zweistufiger Sender für 27,12 MHz bzw. 40,68 MHz . 139
3 Mehrkanal-Modulator 146
4 6-Kanal-Regler-Steckkarte 152

Anhang 157

Herkunft und Bezugsquellennachweis der verwendeten Bauteile 157

Einführung

Die Deutsche Bundespost hat für Funkfernsteuerungen insgesamt vier Frequenzen freigegeben. Es sind:

13,56 MHz,	40,68 MHz,
27,12 MHz,	433,92 MHz.

Praktisch genutzt werden nur die drei erstgenannten. Die UHF-Frequenz (433,92 MHz) verwendet man nur selten, da Sender und Empfänger für den Amateur zu schwierig aufzubauen sind. Fest steht aber, daß im UHF-Band die größten Reichweiten zu erzielen sind und mit störungsfreiem Betrieb gerechnet werden darf.

Welche Frequenz wann?

Das 13,56-MHz-Band ist von kommerziellen Funkdiensten stark gestört. Selbst mit extrem trennscharfen Superempfängern ist nur selten ein einwandfreier Betrieb möglich. Pendler versagen hier völlig, weil sie einfach zugestopft werden oder zumindest nicht trennscharf genug sind. Das 13,56-MHz-Band ist daher nur für Nahbereich-Anlagen brauchbar.

Besser ist das 27,12-MHz-Band. Seitdem jedoch der Jedermann-Funk mit in diesem Bereich liegt, muß man auch hier gelegentlich auf Störungen gefaßt sein. Die überbrückbare Entfernung beträgt mit guten Anlagen 2 bis 3 km (freie Sicht).

Das 40,68-MHz-Band ist in den meisten Gebieten Deutschlands am wenigsten gestört und auch von den wenigsten Fernsteuer-Amateuren belegt. Die Ausbreitungsbedingungen sind besser als auf 27,12 MHz und die Reichweiten größer. Mit guten Pendlern sind ohne weiteres 5 km zu überbrücken, sofern freie Sicht besteht. In der heutigen Zeit ist das 40,68-MHz-Band allen anderen vorzuziehen, es sei denn, man wohnt gerade im Strahlungsbereich eines Senders, der annähernd auf dieser Frequenz arbeitet.

Ein Merkblatt über die postalischen Bestimmungen, also Frequenztoleranz (Bandbreite), Leistung und Störstrahlung eines Senders, sowie über Lizenzerwerb und Gebühren ist bei der Deutschen Bundespost erhältlich.

Arbeitsprinzip der in diesem Buch beschriebenen Anlagen

Für den neu beginnenden Fernsteueramateur eignen sich vorwiegend zwei Prinzipien der Signalübertragung, und zwar

1. Fernsteuern mit einem unmodulierten Hf-Träger,
2. Fernsteuern mit tonmoduliertem Hf-Träger.

Bei der unmodulierten Methode wird lediglich der Hf-Teil eines Senders gebraucht; ein Modulator entfällt. Der Empfänger ist dann so ausgelegt, daß beim Eintreffen eines Hf-Trägers ein Relais anzieht. Das Verfahren beschränkt sich nur auf Einkanal-Betrieb und Entfernungen von 500 bis 800 m. Für Mehrkanal-Betrieb sind besondere Schaltstufen (siehe unter Relaisschaltstufen) erforderlich.

Die tonmodulierte Methode läßt Mehrkanal-Betrieb zu. Der Sender wird dabei pro Kanal mit einer anderen Tonfrequenz moduliert, wovon immer nur eine zur Zeit getastet werden kann. Wieviel verschiedene Tonfrequenzen (Kanäle) nötig sind, hängt von der Beschaffenheit des Modells ab. Es können zwei, zehn oder noch mehr sein. Man sollte sich aber bemühen, die höchste Tonfrequenz nicht über 10 kHz zu legen, da der Sender sonst eine zu große Bandbreite beansprucht und unter Umständen andere Funkdienste oder Modelle stören kann.

Der Empfänger verstärkt die empfangene Modulationsfrequenz des Senders und leitet sie selektiven Relaisschaltstufen zu. Jede Relaisschaltstufe ist dabei auf eine der Tonfrequenzen abgestimmt. Sie lassen sich daher wahlweise und in beliebiger Reihenfolge vom Sender aus einschalten.

Zur Auswahl der Bausteine

Es wäre natürlich möglich gewesen, eine Reihe komplett aufgebauter, verschiedener Sender und Empfänger zu zeigen. Damit wäre aber ein individuelles Gestalten einer Anlage nicht gegeben. Jeder hat seine speziellen Wünsche. Der eine möchte

eine Filmkamera, der andere ein Automodell, der dritte sein Tonbandgerät und der vierte ein Schiffsmodell fernsteuern.

Um allen Wünschen gerecht zu werden, wurde ein *Baustein-System* geschaffen, das sich größtenteils beliebig kombinieren läßt. Die Empfänger gliedern sich grundsätzlich in Hf-Teil, Nf-Teil und Relaisschaltstufe, ebenso die Sender in Hf-Teil und Modulatorteil. Man braucht sich nur aus dem gezeigten Programm das Passende herauszusuchen und miteinander zu verdrahten, und schon entsteht die „richtige" Anlage. Die Auswahl der Bausteine kann nach eigenem Ermessen oder nach den Vorschlägen des Verfassers erfolgen. Hierüber wird am Schluß der Kapitel Empfänger und Sender näher eingegangen.

I Diodenempfänger

Allgemeines

Diodenempfänger stellen die einfachste Empfängerform dar. Sie enthalten lediglich einen auf die gewünschte Empfangsfrequenz abgestimmten Schwingkreis und einen geeigneten Gleichrichter, eine Diode, mit bestmöglichen Hf-Eigenschaften und hoher Empfindlichkeit. Das Prinzipschaltbild eines Diodenempfängers ist in *Bild 1* wiedergegeben.

Die von der Antenne aufgenommene Hf-Energie erzeugt an dem Schwingkreis eine Resonanzspannung mit der vom Sender aufgeprägten Modulation (siehe Impulsbild 1). Von den einzelnen Hf-Schwingungen läßt die Diode bei gezeigter Polarität nur alle positiven Halbwellen durch, für die negativen ist die Diode gesperrt. An dem Lastwiderstand R_L entstehen folglich ausschließlich hochfrequente Halbwellen mit dem Modulationsinhalt des vollständigen Hf-Signales (siehe Impulsbild 2).

Genaugenommen ist das Signal an dem Lastwiderstand R_L noch keine Niederfrequenz, sondern eine pulsierende Hf-Spannung mit gleicher Polarität. Um aus dieser Spannung eine Nie-

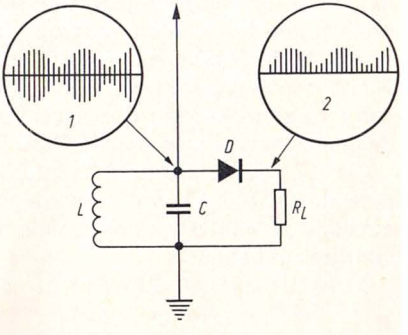


Bild 1. Prinzip eines Diodenempfängers

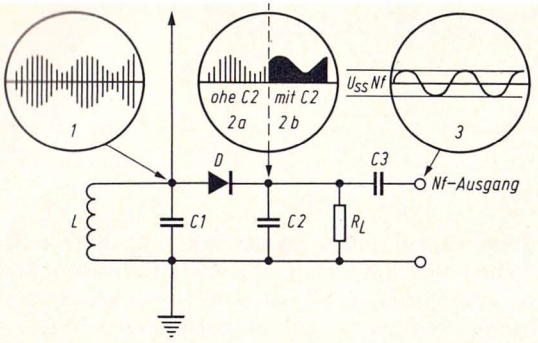


Bild 2. Diodenempfänger mit Lade- und Auskoppelkondensator

derfrequenz zu gewinnen, müssen die einzelnen Hf-Impulse mit einem kleinen Kondensator zu einer Gleichspannung geglättet werden (siehe *Bild 2,* Impulsbild 2b). Der Kondensator C 2 darf dabei nur so groß sein, daß er die Hf-Impulse lückenlos zusammenfügt, aber die niederfrequente Modulation nicht beeinträchtigt. Als Richtwert für C 2 sind Kapazitätswerte zwischen 100 und 10 000 pF zu empfehlen. Er muß um so geringer sein, je höher die Modulationsfrequenz ist.

Nach dem Einfügen dieses Kondensators erhalten wir an dem Lastwiderstand zwei Spannungen, und zwar die reine Gleichspannung, die der Grundträger des Senders erzeugt, und die der Gleichspannung aufgeprägte Wechselspannung, die von der Modulation des Senders herrührt. Da im allgemeinen nur die reine Wechselspannung von Interesse ist, trennen wir den Gleichspannungsanteil mit einem Kondensator (C 3) ab. Am Ausgang entsteht dann eine gegenüber Masse symmetrische Nf-Spannung gemäß dem Impulsbild 3.

Die Empfindlichkeit und Trennschärfe eines Diodenempfängers sind vom Aufbau des Schwingkreises, von der Antennenankopplung und der Dimensionierung des gesamten Demodulatorkreises abhängig.

Generell soll der Schwingkreis so verlustarm wie möglich sein, also aus dickem, versilbertem Kupferdraht und einem

hochwertigen Kondensator mit Keramik- oder Luftisolation bestehen. Weiterhin spielt das LC-Verhältnis eine wichtige Rolle. Da der Schwingkreis nicht im Leerlauf betrieben, sondern durch die Antenne und die Diode belastet wird, muß sein Resonanzwiderstand so bemessen werden, daß er annähernd so groß ist wie der Eingangswiderstand des Demodulatorkreises. Man erhält dann eine optimale Leistungsanpassung beziehungsweise die höchste Empfindlichkeit. Das Beachten dieses Punktes ist schon deshalb wichtig, weil ein Diodenempfänger selbst keine Verstärkung liefert. Es wird ausschließlich die von der Antenne aufgefangene Energie verarbeitet.

Diodengleichrichter haben Eingangswiderstände zwischen einigen hundert Ohm und 2 kΩ, je nachdem, welche Diodentypen man verwendet. 27-MHz-Schwingkreise mit annähernd gleichen Resonanzwiderständen müssen einen Kondensator von 50 bis 100 pF haben. Das „Q" solcher Schwingkreise ist dadurch klein und die Trennschärfe schlecht. Für Diodenempfänger hat die Trennschärfe aber eine untergeordnete Bedeutung, denn sie funktionieren ja nur im Nahbereich eines Senders.

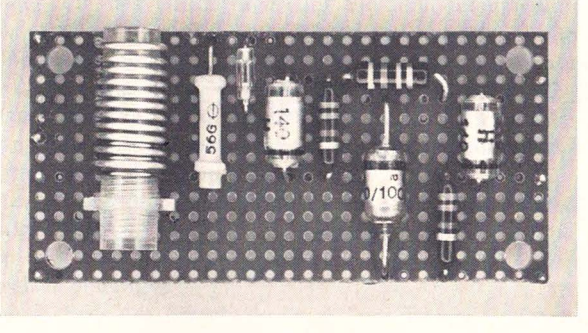
1 Einfacher Diodenempfänger für 27,12 MHz

Aufbau Bild 3, Schaltung Bild 4

Ein einfacher Diodenempfänger sollte eigentlich zum Rüstzeug eines jeden Fernsteuer-Amateurs gehören. Die Verwendbarkeit eines solchen Diodenempfängers ist nämlich viel größer, als die einfache, fast primitiv anmutende Schaltung zunächst annehmen läßt.

Diodenempfänger sind ausgezeichnete Kontrollempfänger für eigene oder in unmittelbarer Nähe betriebene fremde Sender. Dabei ist es gleichgültig, ob man unmodulierte, tonmodulierte oder impulsmodulierte Sender abhören beziehungsweise kontrollieren will. Darüber hinaus sind Diodenempfänger die idealen Empfangsteile für Funkfernsteuerungen innerhalb der Wohnung, sei es für ein ferngesteuertes Rundfunk- oder Tonbandgerät, für eine Kamera, ein Automodell und anderes mehr. Sie verbrauchen keinen Strom, erzeugen selbst keinerlei Störfrequenzen, sind trotzdem sehr empfindlich und im Aufbau unkompliziert und billig.

Die vorliegende Schaltung (Bild 4) ist für universelle Verwendung ausgelegt. Mit ihr können Kontrollempfänger, Feldstärkemesser und Fernsteuerempfänger aufgebaut werden.



Zu Bild 3

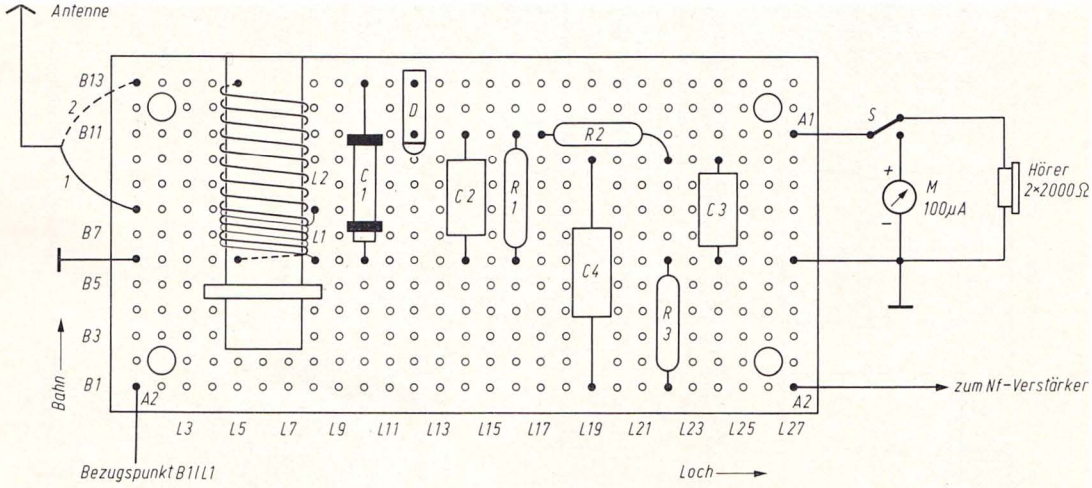


Bild 3. Aufbau des Diodenempfängers für 27,12 MHz

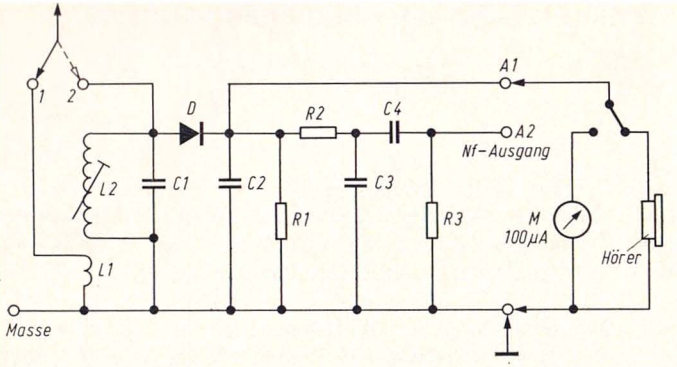


Bild 4. Schaltung des Diodenempfängers für 27,12 MHz

Schaltung

Der aus der Spule L 2 und dem Kondensator C 1 bestehende Schwingkreis ist auf 27,12 MHz abgestimmt. C 1 wurde mit 56 pF relativ groß gewählt, wodurch der Resonanzwiderstand des Kreises so niederohmig wird, daß an seinem heißen Ende direkt eine Antenne und die Demodulatordiode D angeschlossen werden können.

Es sind zwei Antennenanschlüsse vorgesehen. Der Anschluß 1 ist für Antennenlängen zwischen 2 m und 2,5 m bestimmt. Das Einspeisen der Antennenenergie in den Schwingkreis geschieht induktiv mit der Ankoppelwicklung L 1. Die lange Antenne und die induktive, impedanzrichtige Ankopplung verleihen dem Empfänger eine ausreichende Empfindlichkeit, um aus 25 m Entfernung mit einem 50-mW-Handsender einen Befehl zu übertragen (Näheres am Schluß).

Der zweite Antennenanschluß ist für Kurzdrahtantennen mit einer Länge zwischen 50 cm und 70 cm vorgesehen. Bei dieser Drahtlänge fällt der Fußpunktwiderstand der Antenne nahezu mit dem Resonanzwiderstand des Schwingkreises zusammen. Es wird so eine gute Anpassung erreicht. Auf keinen Fall darf die Drahtlänge mehr als 70 cm betragen, da der Schwingkreis sonst zu sehr bedämpft und das Nutzsignal trotz längerer Antenne kleiner würde.

Der gesamte Demodulatorkreis ist hochohmig bemessen. Dies ist nötig, wenn man eine möglichst große Nf-Ausgangsspannung erhalten will. Die Abblockkondensatoren C 2 und C 3 dürfen höchstens 500 pF haben (im Muster 140 pF), damit die Niederfrequenz nicht kurzgeschlossen wird. Die RC-Kombination R 2/ C 3 wirkt als Tiefpaß und unterdrückt Hf-Reste sowie hochfrequente Störimpulse.

Von den beiden Ausgängen A 1 und A 2 führt A 1 das gesamte Demodulatorsignal, also Gleichspannung und Niederfrequenz. An diesen Ausgang kann man einen Kopfhörer oder ein Meßgerät anschließen. Der Ausgang A 2 ist gleichspannungsfrei und für den Anschluß eines hochohmigen Nf-Verstärkers bestimmt.

Verwendungshinweise für den Diodenempfänger

Soll der Empfänger lediglich als Kontrollempfänger und für Feldstärkemessungen dienen, so können die Bauteile R 2, R 3, C 3 und C 4 entfallen. Der Ausgang A 1 wird dann auf einen Umschalter gelegt, der wahlweise ein Mikroamperemeter (100 µA) oder einen hochohmigen Kopfhörer (2 x 2000 Ω) einschaltet. Als Antenne ist eine 70-cm-Stabantenne zu empfehlen.

Starke Sender (1 W) können noch aus 5 m Entfernung abgehört beziehungsweise aus 2 bis 3 m am Instrument angezeigt werden.

Frei aufgestellte Feldstärkemesser müssen unbedingt ein elektrisches Gegengewicht zur Antenne haben, da sonst die Empfindlichkeit nachläßt. Dazu ist es zweckmäßig, das Gerät in ein kleines Metallgehäuse einzubauen und die Masseleitung des Bausteines mit dem Gehäuse zu verbinden. Das Gehäuse selbst schraubt man auf ein billiges, metallisches Fotostativ, welches nun als künstliche Erde wirkt.

Aufbau eines Fernsteuerempfängers

Wie eingangs erwähnt, eignet sich der Diodenempfänger auch für Fernsteuerungen im Hause. Es müssen dann an den Ausgang A 2 der Nf-Verstärker (Kapitel III, Baustein 3) und eine Relaisschaltstufe angeschlossen werden. Die erzielbare Reichweite liegt mit einer 70 cm langen Antenne um 8 m und mit einer 2,5 m langen Antenne (Anschluß 1) bei rund 25 m. Natür-

lich sind durch die räumlichen Gegebenheiten recht unterschiedliche Ergebnisse zu erwarten. Die günstigsten Verhältnisse ermittelt man am besten durch entsprechendes Ausrichten der Empfangsantenne.

Wegen der hochohmig dimensionierten Bausteine ist es zweckmäßig, Empfänger und Nf-Verstärker in ein Metallgehäuse einzubauen. Andernfalls könnten Brummeinstreuungen die Funktion in Frage stellen.

Der Sender zu diesem Empfänger muß tonmoduliert sein. Es liegt im eigenen Ermessen, ob man eine selektiv oder breitbandig arbeitende Relaisschaltstufe verwendet.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Leiterplatte M 23
Lötstützpunkte nach Bedarf
1 Spulenkörper 7 mm ⌀ mit Kern (rot)

Widerstände

R 1 =	2,2 MΩ/0,25 W	B 6 /L 16 – B 11/L 16
R 2 =	47 kΩ/0,5 W	B 11/L 17 – B 10/L 22
R 3 =	2,2 MΩ/0,25 W	B 1 /L 22 – B 6 /L 22

Kondensatoren

C 1 =	56 pF, keramisch	B 6 /L 10 – B 13/L 10
C 2 =	140 pF, Styroflex	B 6 /L 14 – B 11/L 14
C 3 =	140 pF, Styroflex	B 6 /L 24 – B 10/L 24
C 4 =	10 nF/100 V	B 1 /L 19 – B 10/L 19

Diode

D = Germaniumdiode OA 90 B 13/L 12 – B 11/L 12 +

Spule

L 1 = 3 Windg. 0,6 mm CuL, siehe Foto B 6 /L 8 – B 8 /L 8
L 2 = 11 Windg. 0,8 mm Cu, versilbert, s. Foto B 6 /L 5 – B 13/L 5
Die ganze Spule wird mit UHU-Plus bestrichen und auf der Leiterplatte festgeklebt. Der Kragen des Spulenkörpers ist unten abzufeilen.

Anschlüsse

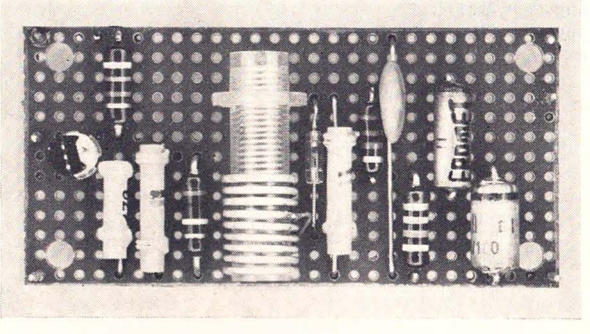
Antenne 1 = B 8 /L 1
Antenne 2 = B 13/L 1
Ausgang 1 = B 11/L 27
Ausgang 2 = B 1 /L 27 oder B 1 /L 1
Masse = B 6 /L 1 oder B 6 /L 27

2 27,12-MHz-Diodenempfänger mit Hf-Vorstufe

Aufbau Bild 5, Schaltung Bild 6

Schaltet man vor einen Diodenempfänger eine Hf-Vorstufe, so kann die Empfindlichkeit erhöht werden. Eine größere Empfindlichkeit bedeutet nicht unbedingt eine höhere Ausgangsspannung, sondern kann sich ebensogut in Form höherer Ausgangsleistung zeigen. Aus der vorherigen Schaltung wissen wir, daß der Demodulator sehr hochohmig bemessen wurde, um die größtmögliche Nf-Spannung zu erhalten. Würde man den Demodulator niederohmig dimensionieren, so bräche die Nf-Spannung an dem Arbeitswiderstand der Diode zusammen. Wenn aber der Wunsch besteht, mit einem Diodenempfänger direkt einen niederohmigen Transistor-Nf-Verstärker anzusteuern, dann bleibt nichts anderes übrig, als den Demodulatorkreis niederohmig auszulegen. Der dabei entstehende Spannungsverlust kann mit einer Hf-Vorstufe ausgeglichen werden.

Nach diesen Gesichtspunkten wurde dieser Baustein aufgebaut. Er ist wie der vorstehende einfache Diodenempfänger für Kontrollzwecke und Fernsteuerung innerhalb der Wohnung zu



Zu Bild 5

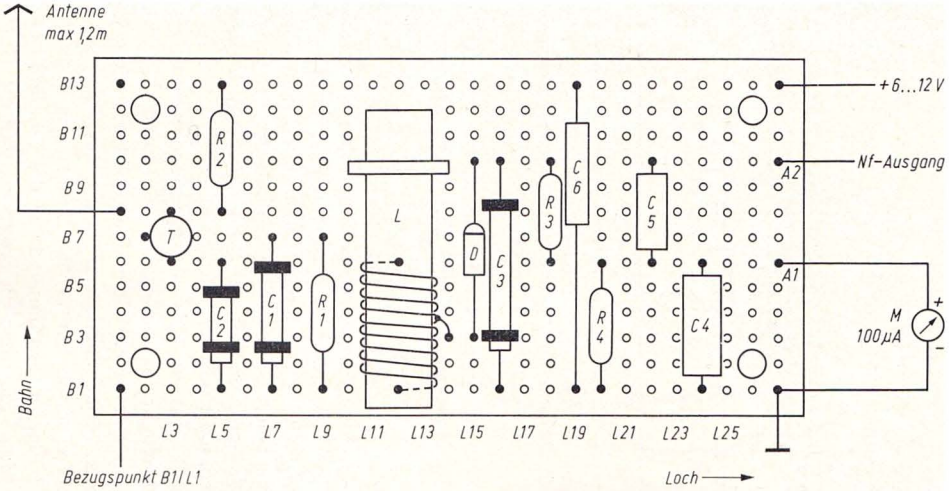


Bild 5. Aufbau des 27,12-MHz-Diodenempfängers mit Hf-Vorstufe

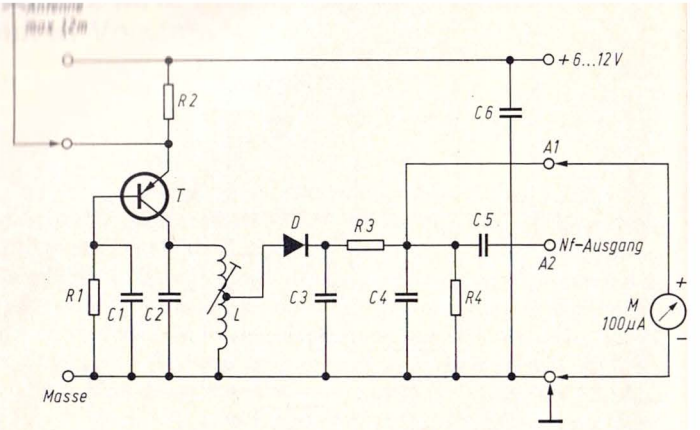


Bild 6. Schaltung des 27,12-MHz-Diodenempfängers mit Hf-Vorstufe. Das Meßgerät darf nur für Abgleichzwecke angeschlossen werden

gebrauchen. Sein Nf-Ausgang kann direkt mit dem Nf-Verstärker (Kapitel III, Baustein 1 oder 2) verbunden werden.

Schaltung

Die Demodulatorschaltung ist bereits bekannt; wenden wir uns deshalb den Besonderheiten zu. Der Transistor T, ein Silizium-pnp-Typ, wird in Basisschaltung betrieben. Die Basisschaltung eignet sich besonders gut, denn ihr Ausgangswiderstand ist hochohmig, so daß der Schwingkreis nicht durch den Transistor bedämpft wird.

Die Diode D liegt an einer Anzapfung der Spule. Dadurch wird der Schwingkreis weniger belastet, und die Kreisgüte bleibt erhalten. Der Erfolg ist, daß der Empfänger gegenüber einem einfachen Diodenempfänger recht trennscharf ist.

Die Antenne wird am Emitter des Transistors angeschlossen. Ihre genaue Länge ist bestimmend für die Empfindlichkeit des Empfängers. Man kann nämlich erreichen, daß die Hf-Vorstufe ins Schwingen gerät, wenn die Antenne eine bestimmte Länge hat. Die Rückkopplung kommt über die inneren Kapazitäten des

Transistors und die Schaltkapazitäten zustande. Versuche zeigten, daß die kritische Antennenlänge, bei der die Selbsterregung einsetzt, etwa 1,1 bis 1,2 m ist. Diese Erscheinung nutzen wir nun zur Empfindlichkeitssteigerung aus. Wir verkürzen die zu lange Antenne so lange, bis die Selbsterregung gerade aussetzt. Der dann noch bestehende Rückkopplungsanteil entdämpft sowohl die Antenne als auch den Schwingkreis. Das Ergebnis ist eine bessere Trennschärfe und Empfindlichkeit.

Den schwingenden Zustand der Hf-Vorstufe kann man leicht feststellen, wenn man zwischen Ausgang A 1 und Masse ein empfindliches Mikroamperemeter legt.

Stückliste und Lage der Bauteile siehe nächste Seite.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Leiterplatte M 23
Lötstützpunkte nach Bedarf
1 Transistorfassung für TO 18, dreipolig
1 Spulenkörper 7 mm ⌀ mit Kern (rot)

Widerstände

R 1 = 100 kΩ/0,5 W	B 1 /L 9 – B 7 /L 9
R 2 = 470 Ω/0,5 W	B 8 /L 5 – B 13/L 5
R 3 = 2,2 kΩ/0,5 W	B 6 /L 18 – B 10/L 18
R 4 = 47 kΩ/0,5 W	B 1 /L 20 – B 6 /L 20

Kondensatoren

C 1 = 4,7 nF, keramisch	B 1 /L 7 – B 7 /L 7
C 2 = 47 pF, keramisch	B 1 /L 5 – B 6 /L 5
C 3 = 4,7 nF, keramisch	B 1 /L 16 – B 10/L 16
C 4 = 22 nF/100 V	B 1 /L 24 – B 6 /L 24
C 5 = 0,22 µF/63 V	B 6 /L 20 – B 10/L 20
C 6 = 22 nF, keramische Scheibe	B 1 /L 19 – B 13/L 19

Diode

D = Germaniumdiode OA 90 B 3 /L 15 – B 10/L 15 +

Transistor

T = Silizium-pnp-Transistor BC 251, BC 261, BC 192 (ITT Intermetall)
C = B 6 /L 3, B = B 7 /L 2, E = B 8 /L 3

Spule

L = 9 Windg. 0,8 mm Cu, versilbert, Anzapfung bei der 6. Windung von Masse aus
Anschluß der Spule: B 1 /L 12 – B 6 /L 12
Anzapfung: B 3 /L 14
Die Spule wird mit UHU-Plus bestrichen und auf der Leiterplatte festgeklebt. Der Kragen des Spulenkörpers muß unten abgefeilt werden.

Leiterbahnunterbrechungen B 3 /L 13, B 3 /L 15, B 6 /L 14, B 8 /L 6 , B 10/L 20

Anschlüsse

+ 6 bis 12 V	= Bahn 13	
– Masse	= Bahn 1	Ausgang 1 = B 6 /L 27
Antenne	= B 8 /L 1	Ausgang 2 = B 10/L 27

3 27,12-MHz-Diodenempfänger mit entdämpfter MOS-FET-Vorstufe

Aufbau Bild 7, Schaltung Bild 8

Gegenüber normalen Transistoren haben Feldeffekttransistoren einen sehr hohen Eingangswiderstand und gleichzeitig hervorragende Hf-Eigenschaften. Nichts liegt daher näher, als diese Halbleiter auch für Fernsteuerzwecke zu verwenden.

An dieser Schaltung soll einmal demonstriert werden, was ein einfacher 1-Transistor-Geradeausempfänger zu leisten vermag. Ziel der Konstruktion war es, einen unkomplizierten, völlig störstrahlungsfreien und empfindlichen Empfänger zu schaffen, der im Nahbereich bis 100 m, also für Auto- und Schiffsmodelle sowie für im Heim betriebene Geräte, verwendet werden kann.

Schaltung

Der hohe Eingangswiderstand eines MOS-Feldeffekttransistors erlaubt es, einen sehr hochohmigen Schwingkreis direkt an das Gate anzuschließen. Auf diese Weise kann die Resonanzspannung eines Kreises voll ausgenutzt werden.

Der Schwingkreis in diesem Empfänger hat darum ein hohes LC-Verhältnis. Die Kreiskapazität besteht nämlich ausschließlich aus der Eingangskapazität des MOS-Feldeffekttransistors; sie liegt um 6 pF. Durch den Anschluß der Antenne wird der Schwingkreis bedämpft. Um diese Verluste wieder ausgleichen zu können, wurde eine Rückkopplung vorgesehen. Sie kommt automatisch zustande, wenn man den Source-Kondensator C 1 klein genug bemißt. Die Eingangskapazität des MOS-Fets und C 1 bilden dann einen kapazitiven Spannungsteiler, an dessen Teilerpunkt die am Source entstehende Hochfrequenz eingespeist wird. Zur Regelung der Rückkopplung dient der Regler P. Mit ihm wird die Betriebsspannung des MOS-FETs und damit die Verstärkung geregelt. Er ist so einzustellen, daß der MOS-FET kurz vor dem Schwingungseinsatz steht.

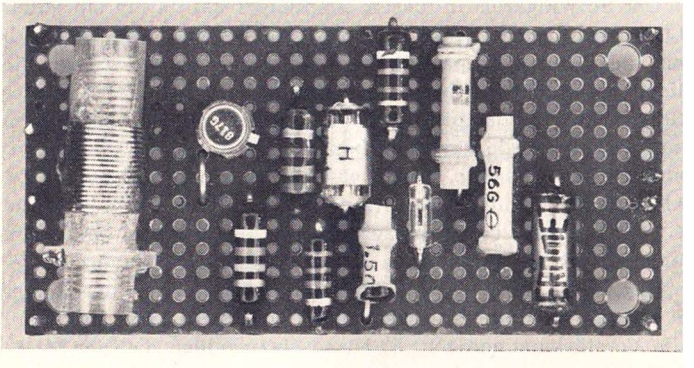
Im entdämpften Zustand des Schwingkreises ist das Abstimmen der Spule auf die Sendefrequenz äußerst kritisch. Bereits eine halbe Kernumdrehung läßt das Signal völlig verschwinden beziehungsweise hervortreten. Der Kern sollte daher unbedingt mit einer Schaumstoffbremse versehen sein. Die Spule selbst ist mit UHU-Plus zu bestreichen und auf der Leiterplatte festzukleben. Beim Abgleich des Kreises entferne man sich selbst so weit wie möglich von der Antenne.

Doch nun zurück zur Schaltung. Das am Drain angehobene Hf-Signal wird zunächst verstärkt und aperiodisch am Drain ausgekoppelt. Die Diode richtet die Hochfrequenz gleich, und die gewonnene Niederfrequenz gelangt über den Kondensator C 4 an den Ausgang.

Zum Aufbau des Empfängers

Der Baustein darf auf keinen Fall offen betrieben werden. Er ist entweder allein oder zusammen mit dem Nf-Verstärker in ein geschlossenes Aluminiumgehäuse einzubauen. Das Potentiometer P wird mit in dem Gehäuse untergebracht, muß aber von außen bedienbar sein.

Sollte aus irgendeinem Grunde kein Schwingungseinsatz erzielt werden können, so kann dies an einer zu langen Antenne (maximal 70 cm) oder an einer zu geringen Steilheit des MOS-



Zu Bild 7

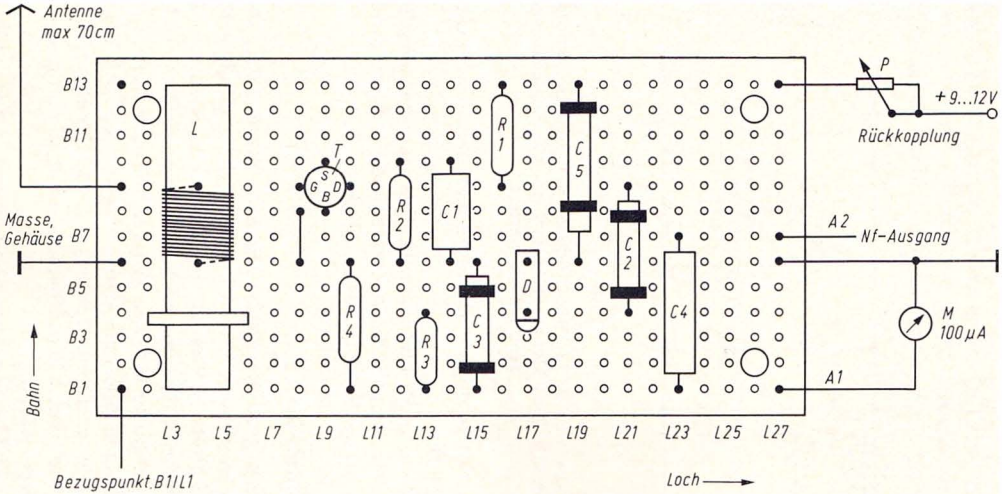


Bild 7. Aufbau des 27,12-MHz-Diodenempfängers mit entdämpfter MOS-FET-Vorstufe

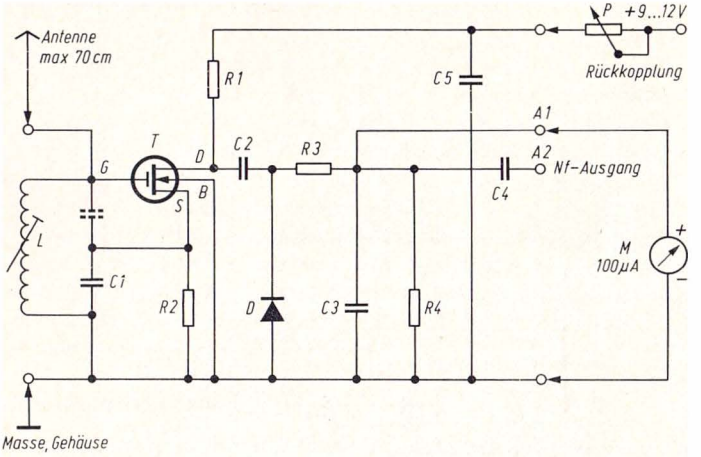


Bild 8. Schaltung des 27,12-MHz-Diodenempfängers mit entdämpfter MOS-FET-Vorstufe. Das Meßgerät M darf nur für Abgleichzwecke angeschlossen werden

FETs liegen. Nötigenfalls verkleinere man den Kondensator C 1 auf 80 bis 100 pF.

Das Gate eines MOS-FETs ist sehr überspannungsempfindlich. Man darf daher niemals die Antenne eines Senders direkt mit der Antenne dieses Empfängers verbinden.

Die Empfindlichkeit

Die eingangs gestellte Forderung, eine Strecke von 100 m zu überbrücken, war beim Musterbaustein auf Anhieb erfüllt, ja der nachgeschaltete Nf-Verstärker (Kapitel III, Baustein 2) war selbst bei dieser Entfernung noch voll ausgesteuert. Die Grenze der Reichweite dürfte auf dem Wasser bei etwa 250 m liegen.

Großes Staunen überkam den Verfasser, als bei Versuchen mit geringfügig größeren Spulen das 25-MHz-Band belauscht werden konnte und viele Übersee-Rundfunkstationen trennscharf zu hören waren.

Man muß sich klar vor Augen halten, daß dieser modernisierte Diodenempfänger weder mit einem Pendler noch mit einem

Super leistungsmäßig verglichen werden kann. Wenngleich seine Empfindlichkeit auch geringer ist als die der vorgenannten, so hat er ihnen eines voraus: Er erzeugt selbst keine Störstrahlung wie ein Pendler, ist einfach und billig aufzubauen und erfüllt für Wasser- und Landfahrzeuge vollauf seinen Zweck.

Stückliste und Lage der Bauteile siehe nächste Seite.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Leiterplatte M 23
Lötstützpunkte nach Bedarf
1 Transistorfassung für TO 18, vierpolig
1 Spulenkörper 7 mm Φ mit Kern (rot)
1 Potentiometer P = 5 kΩ lin.

Widerstände

R 1 = 470 Ω/0,5 W	B 9 /L 16 – B 13/L 16
R 2 = 180 Ω/0,5 W	B 6 /L 12 – B 10/L 12
R 3 = 2,2 kΩ/0,25 W	B 1 /L 13 – B 4 /L 13
R 4 = 47 kΩ/0,5 W	B 1 /L 10 – B 6 /L 10

Kondensatoren

C 1 = 140 pF, Styroflex	B 6 /L 14 – B 10/L 14
C 2 = 56 pF, keramisch	B 4 /L 21 – B 9 /L 21
C 3 = 1,5 nF, keramisch	B 1 /L 15 – B 6 /L 15
C 4 = 0,22 µF/63 V	B 1 /L 23 – B 7 /L 23
C 5 = 4,7 nF, keramisch	B 6 /L 19 – B 13/L 19

Diode

D = Germaniumdiode OA 90 B 6 /L 17 – B 4 /L 17 +

Transistor

T = MOS-FET 3 N 128, RCA (Neye)
G = B 9 /L 8, D = B 9 /L 10, S = B 10/L 9, B = B 8 /L 9

Spule

L = 17 Windungen 0,5 mm CuL B 6 /L 4 – B 9 /L 4
Die Spule ist ganz in UHU-Plus einzubetten und auf der Leiterplatte festzukleben. Der Kragen des Spulenkörpers muß unten abgefeilt werden.

Drahtverbindung B 6 /L 8 – B 8 /L 8

Leiterbahnunterbrechung B 9/L 9, genau unter dem MOS-FET

Anschlüsse

+ 9 bis 12 V über P	= B 13/L 27
– Masse	= B 6 /L 1 und B 6 /L 27
Antenne	= B 9 /L 1
Ausgang 1	= B 1 /L 27
Ausgang 2	= B 7 /L 27

II Pendelempfänger (Pendler)

Allgemeines

Pendelempfänger zählen zu den einfachsten und zugleich empfindlichsten Empfängern. Es sind Einkreis-Geradeausempfänger mit einer den Schwingkreis entdämpfenden Rückkopplung.

Wie bei jedem Einkreis-Audion stellt sich die höchste Empfindlichkeit dann ein, wenn die Schwingkreisverluste gerade völlig ausgeglichen sind, die Schaltung aber selbst noch nicht schwingt. Der genaue Arbeitspunkt, bei dem diese Verhältnisse herrschen, läßt sich bei Transistoren sehr schwer einstellen, zum anderen ist die Einstellung labil. Man suchte deshalb nach einem Weg, den Punkt der höchsten Empfindlichkeit auf elektronische Weise selbsttätig zu finden. Dies ist gar nicht so schwierig, wie es sich zuerst anhört.

Denken wir uns einmal ein normales Audion, gleichgültig, ob mit Röhre oder Transistor. Der Rückkopplungsregler befindet sich bei der günstigsten Einstellung irgendwo in der Mitte. Drehen wir ihn zurück, so läßt die Empfangsleistung nach, drehen wir zu weit auf, beginnt das Gerät zu schwingen. Würden wir nun den Regler mit der nicht erreichbaren Geschwindigkeit von etwa 20 000 mal in der Sekunde hin- und herdrehen, so würden wir auch 20 000 mal den Punkt höchster Empfindlichkeit erwischen. Unser Empfangssignal setzte sich dann aus 20 000 kurzen Teilsignalen zusammen. Alle Teilsignale reihten sich mit der nicht hörbaren Frequenz von 20 000 Hz zusammen und es entstünde ein zerhacktes, aber durchaus brauchbares Nutzsignal.

Genau dasselbe macht ein Pendler. Sein Arbeitspunkt wird mit einer periodischen Kippspannung immer zwischen den Punkten kleiner Empfindlichkeit und dem Schwingzustand hin- und hergeschoben. Er „pendelt" also stets um den Punkt höch-

ster Empfindlichkeit, und es ist einleuchtend, daß dann auch noch sehr schwache Signale von wenigen µV stark genug angehoben und hörbar gemacht werden können.

So bestechend dieses Empfangsprinzip jedoch klingen mag, ein Pendler hat auch seine Nachteile. Das Hauptübel eines Pendlers ist die Störstrahlung. Sie entsteht in den Zeiten, in denen die Schaltung selbst schwingt. Der Pendler wird förmlich zu einem kleinen Sender, dessen Hochfrequenz von der Antenne abgestrahlt wird. Da diese Hochfrequenzschwingungen noch obendrein im Rhythmus der Pendelfrequenz aus- und einsetzen, erzeugen Pendler ein breites Störspektrum. Zwei auf gleiche Frequenz abgestimmte Pendler können deshalb niemals in unmittelbarer Nachbarschaft betrieben werden. Die Störstrahlung des einen stopft den anderen zu und umgekehrt. Darüber hinaus können Pendler auch Superhets stören und unter Umständen den Absturz kostbarer Flugmodelle herbeiführen.

Schon aus diesem Grunde muß zur Rücksicht gemahnt und die Verwendung eines Pendlers wohl überlegt sein.

Ein zweites Übel ist die vom Pendler erzeugte Rauschspannung. Sie entsteht in den Zeiten völliger Dämpfungsfreiheit des Schwingkreises, also kurz vor dem Übergang in den schwingenden Zustand, und kommt dadurch zustande, daß die Hf-Schwingungen nicht plötzlich, sondern allmählich einsetzen, sich also langsam aufschaukeln. Die ersten schwachen, aber sehr unregelmäßigen Hf-Schwingungen täuschen sozusagen ein Empfangssignal vor. Wegen der Unregelmäßigkeit entsteht eine Rauschspannung. Hinzu kommt, daß der Transistor selbst auch rauscht und sein Eigenrauschen mit verstärkt wird.

Das Rauschen nimmt jedoch mit dem Einfallen eines Trägers stark ab, so daß dann die Modulationsfrequenz in den Vordergrund tritt. Allerdings zwingt die Rauschspannung dazu, tonselektive Anlagen zu betreiben, damit die Relaisschaltstufe zwischen der Rauschspannung des Pendlers und der Modulation des Senders unterscheiden kann.

Abschließend können wir zusammenfassen, daß ein Pendler der einfachste, billigste und empfindlichste Empfänger ist, seine Verwendung aber nur Einzelgängern vorbehalten bleibt.

1 27,12-MHz-Pendler

Aufbau Bild 9, Schaltung Bild 10

Von den zahlreichen Pendlerschaltungen, die im Laufe der Jahre entwickelt wurden, ist die hier gezeigte die verbreitetste. Sie enthält nur einen einzigen Transistor, der gleichzeitig empfängt und die Pendelfrequenz selbsttätig erzeugt. Wie das geschieht, wollen wir systematisch verfolgen.

Der Transistor ist in Basisschaltung betrieben, das heißt, seine Basis ist wechselstrommäßig geerdet (mit C 4). Die Basisschaltung ist günstig, weil sie einen relativ hohen Ausgangswiderstand hat, der den Schwingkreis nicht zu stark bedämpft. Ein weiterer Vorteil ist die Phasengleichheit des Kollektor- und Emittersignales. Hierdurch kann die Schaltung leicht rückgekoppelt werden, es ist lediglich ein kleiner Kondensator zwischen Kollektor und Emitter einzufügen. Damit die rückgekoppelte Hochfrequenz am Emitter wirksam wird, ist in die Emitter-Ableitung eine Hf-Drossel geschaltet.

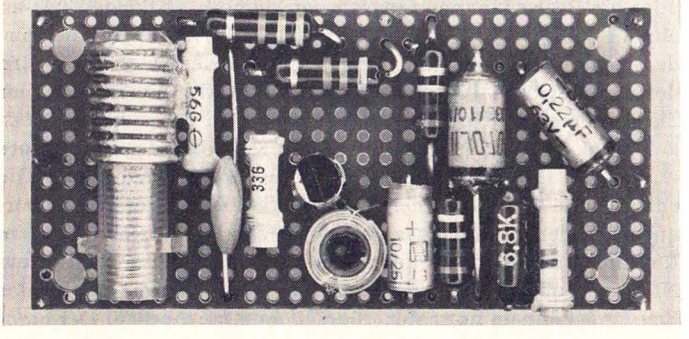
Doch nun zur Funktion des Gerätes. Denken wir uns die RC-Kombination R 3/C 3 kurzgeschlossen. Der Transistor ist dann stark leitend und beginnt zu schwingen, wir haben also einen Oszillator. Würde man jetzt entweder die Betriebsspannung oder die Basisspannung langsam verkleinern, so kämen wir an einen Punkt, bei dem die Selbsterregung immer schwächer würde, bis sie schließlich ganz aussetzte. In dieser Einstellung wird der Schwingkreis bestmöglich entdämpft, das heißt, ein über die Antenne eingebrachtes Signal kann den Schwingkreis hoch aufschaukeln. Wegen der gekrümmten Kennlinie des Transistors wird diese Hf-Spannung in dem Transistor gleichgerichtet. Die entstehende Niederfrequenz steuert den Kollektorstrom, worauf sich der Spannungsabfall am Außenwiderstand R 1 im Rhythmus der Niederfrequenz ändert. An R 1 kann folglich ein Nf-Signal abgenommen werden. In dieser Form gleicht der Empfänger einem normalen rückgekoppelten Audion. Der Empfänger soll aber als Pendler arbeiten. Beseitigen wir dazu den

gedachten Kurzschluß der RC-Kombination R 3/C 3 und geben wieder volle Betriebsspannung auf die Schaltung.

In dem Transistor fließt zu Anfang ein hoher Strom, so daß die Schaltung sofort ins Schwingen gerät. Dabei wird der Kondensator C 3 augenblicklich aufgeladen. Die Ladespannung an C 3 bewirkt nun ein Abnehmen des Kollektorstromes in T, und die Eigenschwingungen setzen aus. Da hierauf der Kollektorstrom in T noch weiter zurückgeht, wird C 3 nicht weiter vom Emitterstrom nachgeladen. Der Kondensator entlädt sich also langsam über den Widerstand R 3. Damit wird der nahezu gesperrte Transistor langsam immer leitender, er gleitet allmählich vom Punkt der Unempfindlichkeit in den Bereich der größten Empfindlichkeit, bis schließlich die Eigenschwingungen wieder einsetzen und sich der ganze Vorgang wiederholt.

Der Spannungsverlauf an der RC-Kombination hat den vorstehenden Ausführungen zufolge einen steilen Anstieg und einen sägezahnförmigen Abfall. Im Impulsbild 1 ist die Form der Kipp- beziehungsweise Pendelspannung wiedergegeben.

Man kann sich fragen, wie hoch die Pendelfrequenz sein soll. Hier gilt grundsätzlich, je höher desto besser, denn je mehr Durchgänge in einer bestimmten Zeit erfolgen, um so naturgetreuer wird das Nutzsignal. Eine hohe Pendelfrequenz ist aber auch aus anderen Gründen wichtig. Schließlich erscheint sie mit am Ausgang, also am Kollektor des Transistors. Ihre hohe Am-



Zu Bild 9

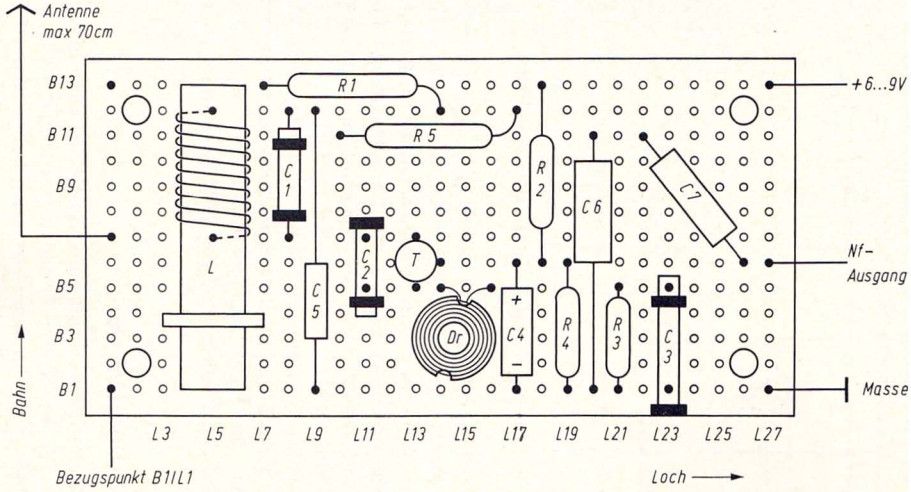


Bild 9. Aufbau des 27,12-MHz-Pendlers

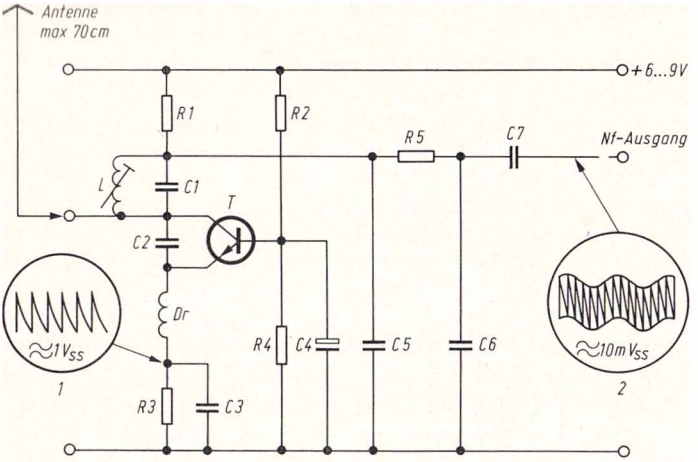


Bild 10. Schaltung des 27,12-MHz-Pendlers

plitude von mehreren Volt muß jedoch unterdrückt werden, ohne daß das Nutzsignal zu stark darunter leidet. Je größer der Abstand von Nutz- zu Pendelfrequenz ist, desto besser kann man die Pendelfrequenz vernichten. Im allgemeinen liegt die Pendelfrequenz zwischen 25 und 100 kHz. Bei dem gezeigten Baustein wurden 90 kHz gemessen ($Ub = 9$ V).

Die am Kollektor gewonnene Niederfrequenz gelangt über ein Tiefpaßfilter (R 5/C 6), das die Pendelfrequenz unterdrückt, an den Ausgang. Die Rest-Pendelamplitude an C 6 beträgt rund 10 mV. Darauf liegt überlagert die Niederfrequenz (siehe Impulsbild 2).

Allgemeine Betriebshinweise

Der Empfänger arbeitet mit einer Betriebsspannung zwischen 4,5 und 9 V. Die Wahl des Transistors ist unkritisch; es geht praktisch jeder Silizium-Transistor mit hoher Grenzfrequenz (auch Nf-Typen!). Trotz der kurzen Antenne von maximal 70 cm (auf keinen Fall länger) hat der Pendler eine gute Empfangsleistung.

Es fiel auf, daß der Schwingkreis relativ breitbandig ist, dafür wurde aber keine Handempfindlichkeit bemerkt. Alles in allem sind die Ergebnisse befriedigend, und der Aufbau bereitet keine Schwierigkeiten. Es ist somit ein ideales Gerät für den Anfänger. Die erzielbare Reichweite dürfte um mindestens 1 km liegen.

Stückliste und Lage der Bauteile siehe nächste Seite.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Leiterplatte M 23
Lötstützpunkte nach Bedarf
1 Transistorfassung für TO 18, dreipolig
1 Spulenkörper 7 mm Φ mit Kern (rot)
1 Spulenkörper für Hf-Drossel 5 mm Innendurchmesser

Widerstände

R 1 = 3,3 kΩ/0,5 W	B 13/L 7 – B 12/L 14
R 2 = 15 kΩ/0,5 W	B 6 /L 18 – B 13/L 18
R 3 = 6,8 kΩ/0,5 W	B 1 /L 21 – B 5 /L 21
R 4 = 15 kΩ/0,5 W	B 1 /L 19 – B 6 /L 19
R 5 = 4,7 kΩ/0,5 W	B 11/L 10 – B 12/L 17

Kondensatoren

C 1 = 56 pF, keramisch	B 7 /L 8 – B 12/L 8
C 2 = 33 pF, keramisch	B 5 /L 11 – B 7 /L 11
C 3 = 4,7 nF, keramisch	B 1 /L 23 – B 5 /L 23
C 4 = 10 µF/15 V	B 1 /L 17 – B 6 /L 17 +
C 5 = 4,7 nF, keramische Scheibe	B 1 /L 9 – B 12/L 9
C 6 = 33 nF/100 V	B 1 /L 20 – B 11/L 20
C 7 = 0,22 µF/63 V	B 11/L 22 – B 6 /L 26

Transistor

T = BFY 19, BFY 39, BC 109 o. ä. (ITT Intermetall)
C = B 7/L 13, B = B 6/L 14, E = B 5/L 13

Spule

L = 9 Windg. 0,8 mm Cu, versilbert B 7 /L 5 – B 12/L 5

Hf-Drossel

Dr = 50 Windg. Hf-Litze 6 x 0,07
auf Körper mit 5 mm Φ B 5 /L 14 – B 5 /L 16
Schwingkreisspule und Hf-Drossel werden mit UHU-Plus bestrichen und auf der Leiterplatte festgeklebt.

Leiterbahnunterbrechungen B 5/L 15, B 6/L 24, B 7/L 15

Anschlüsse

+ 6 bis 9 V = Bahn 13	Antenne = B 7/L 1
– Masse = Bahn 1	Nf-Ausgang = B 6/L 27

2 27,12-MHz-Pendelempfänger mit Hf-Vorstufe

Aufbau Bild 11, Schaltung Bild 12

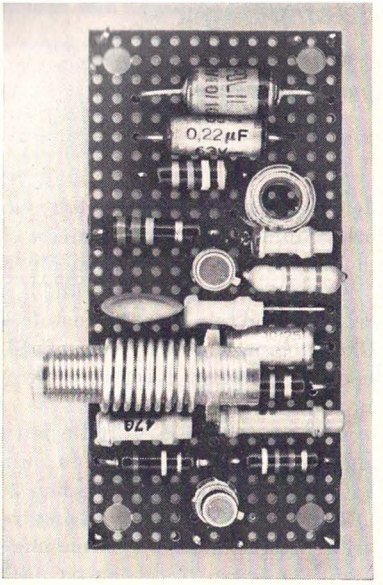
Wie bereits in der Einleitung dieses Kapitels betont wurde, sind normale Pendler starke Störsender. Man kann die Störstrahlung jedoch erheblich unterdrücken, wenn man die Empfangsantenne nicht direkt an den Schwingkreis anschließt, sondern zwischen Antenne und Schwingkreis eine Trennstufe, eine Hf-Vorstufe, einschaltet. Die Antenne kann dann nur ein Signal empfangen, aber nicht die Hf-Schwingungen des selbsterregten Schwingkreises abstrahlen.

Eine Hf-Vorstufe bringt noch zwei weitere Vorteile mit sich. Der eine ist, daß die Antennenlänge keinen Einfluß auf den Schwingkreis hat und man daher Drahtlängen zwischen 70 cm und 2 m verwenden kann. Zum anderen hebt eine Vorstufe die Empfindlichkeit an. Dies trifft jedoch nur bei Verwendung von Antennenlängen über 1 m zu. Für kurze Antennen ist der Eingangswiderstand des Transistors zu niederohmig; das Empfangssignal bricht dann zusammen.

Schaltung

Die Hf-Vorstufe wird in Basisschaltung betrieben, weil in ihr die beste Trennung zwischen Ein- und Ausgang gewährleistet ist. Es dürfte demnach theoretisch keine Störspannung vom Schwingkreis auf die Antenne kommen. Ein hundertprozentiges Abschirmen der Störspannung ist aber nicht möglich, denn jede Schaltung ist mit unerwünschten Kapazitäten behaftet, über die ein Bruchteil der Störspannung auf die Antenne gelangt. Dennoch ist die Abschirmung einer Vorstufe recht wirkungsvoll.

Diese Pendlerschaltung ist im Prinzip mit der vorangegangenen Schaltung vergleichbar, nur mit dem Unterschied, daß die Niederfrequenz am Emitter ausgekoppelt wird. Der Transistor liefert also keine Nf-Verstärkung. Dafür hat diese Variante eine bessere Trennschärfe, was besonders wichtig ist, da die Hf-



Zu Bild 11

Stufe unter Umständen auch starke KW-Rundfunksender empfängt und deren Signal verstärkt auf den Schwingkreis gibt.

Die Pendelfrequenz wird von der RC-Kombination R 3/C 4 bestimmt. Sie liegt um 85 kHz (Ub = 9 V).

Aufbau- und Betriebshinweise

Die Wahl des Pendlertransistors T 2 ist unkritisch. T 1 dagegen sollte ein ausgesprochener Hf-Typ sein. Die besten Erfahrungen wurden mit dem Typ BFY 19 (ITT Intermetall) in beiden Stufen gemacht.

Es kann bei einigen Transistorexemplaren vorkommen, daß die Hf-Vorstufe ins Schwingen gerät, dies allerdings nur bei relativ langer Antenne. Wir vertauschen dann entweder beide Transistoren oder kürzen die Antenne.

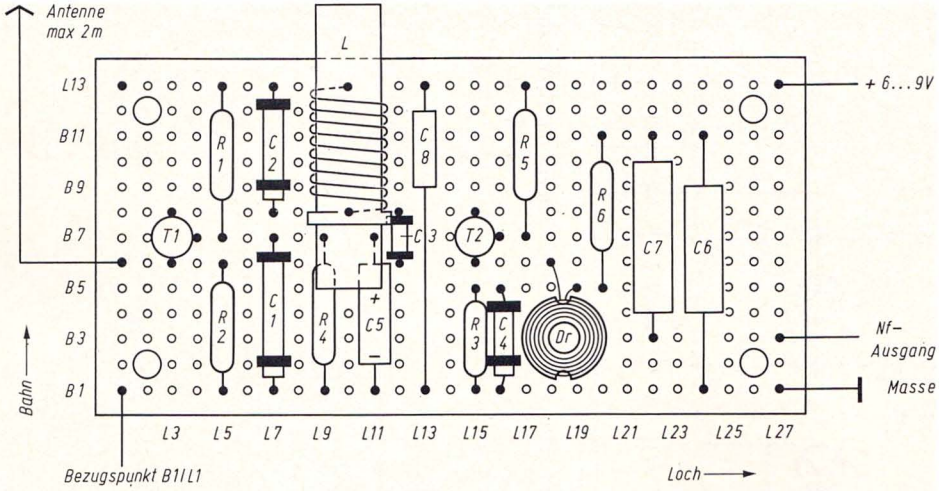


Bild 11. Aufbau des 27,12-MHz-Pendlers mit Hf-Vorstufe

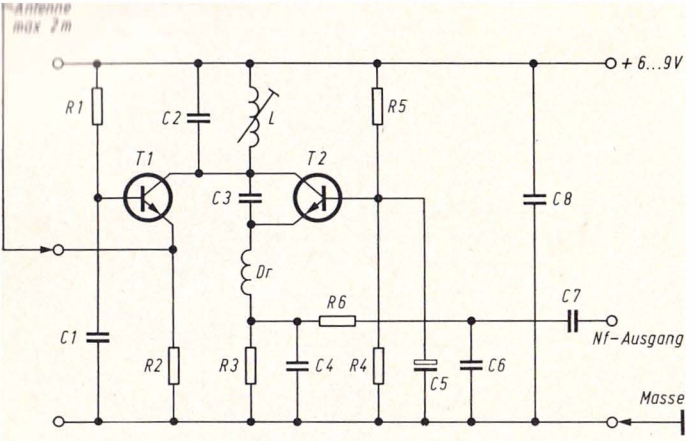


Bild 12. Schaltung des 27,12-MHz-Pendlers mit Hf-Vorstufe

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Leiterplatte M 23
Lötstützpunkte nach Bedarf
2 Transistorfassungen für TO 18, dreipolig
1 Spulenkörper 7 mm ⌀ mit Kern (rot)
1 Spulenkörper für Hf-Drossel 5 mm Innendurchmesser

Widerstände

R 1 = 100 kΩ/0,5 W	B 7 /L 5 – B 13/L 5
R 2 = 470 Ω/0,5 W	B 1 /L 5 – B 6 /L 5
R 3 = 6,8 kΩ/0,5 W	B 1 /L 15 – B 5 /L 15
R 4 = 15 kΩ/0,5 W	B 1 /L 9 – B 7 /L 9
R 5 = 15 kΩ/0,5 W	B 7 /L 17 – B 13/L 17
R 6 = 3,9 kΩ/0,5 W	B 5 /L 20 – B 11/L 20

Kondensatoren

C 1 = 4,7 nF, keramisch	B 1 /L 7 – B 7 /L 7
C 2 = 47 pF, keramisch	B 8 /L 7 – B 13/L 7
C 3 = 33 pF, keramisch	B 6 /L 12 – B 8 /L 12
C 4 = 1,5 nF, keramisch	B 1 /L 16 – B 5 /L 16
C 5 = 10 µF/15 V	B 1 /L 11 – B 7 /L 11 +
C 6 = 33 nF/100 V	B 1 /L 24 – B 11/L 24
C 7 = 0,22 µF/63 V	B 3 /L 22 – B 11/L 22
C 8 = 22 nF, keramische Scheibe	B 1 /L 13 – B 13/L 13

Transistoren

T 1 = BFY 19, BC 109, BFY 39 II (ITT Intermetall)
C = B 8/L 3, B = B 7/L 4, E = B 6/L 3
T 2 = BFY 19, BC 109, BFY 39 II (ITT Intermetall)
C = B 8/L 15, B = B 7/L 16, E = B 6/L 15

Spule

L = 9 Windg. 0,8 mm Cu, versilbert, mit UHU-Plus versiegeln.
Anschlüsse: B 8/L 10 – B 13/L 10

Hf-Drossel

Dr = 50 Windg. Hf-Litze 6 x 0,07 mm auf Spulenkörper mit 5 mm Innendurchmesser;
Anschlüsse: B 6/L 18 – B 5/L 19

Leiterbahnunterbrechungen B 5/L 8, B 6/L 8, B 7/L 17

Anschlüsse

+ 6 bis 9 V = Bahn 13	Antenne = B 6/L 1
– Masse = Bahn 1	Nf-Ausgang = B 3/L 27

3 27,12-MHz-Pendler mit getrennten Pendeloszillator

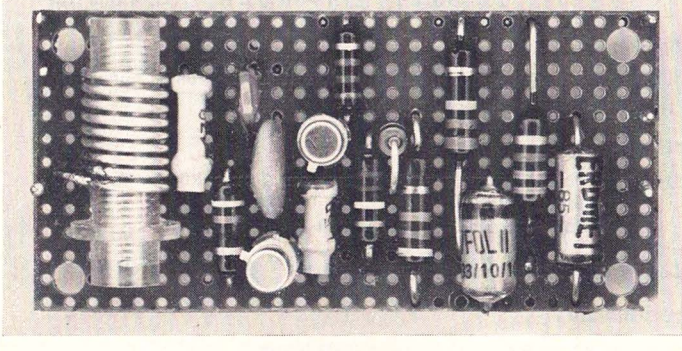
Aufbau Bild 13, Schaltung Bild 14

Pendelempfänger müssen nicht unbedingt in einer einzigen Stufe empfangen und in dieser gleichzeitig die Pendelfrequenz erzeugen. Es ist genausogut möglich, eine Stufe für den Empfang und eine weitere zum Gewinnen der Pendelfrequenz vorzusehen.

Die Trennung beider Vorgänge ist nicht ohne Vorteil, denn man kann dann den Hf-Teil, auf den es schließlich ankommt, auf ein Höchstmaß an Empfindlichkeit, Trennschärfe und Nf-Verstärkung auslegen. Eine solche Schaltung wollen wir hier besprechen.

Schaltung

Der eigentliche Empfangsteil mit dem Transistor T 1 hat mit einem üblichen Pendler nichts mehr gemeinsam. Es ist im Grunde ein normales emitter-rückgekoppeltes Audion. Elektrisch gesehen ist die Schaltung deshalb vorteilhaft, weil sie keine Hf-



Zu Bild 13

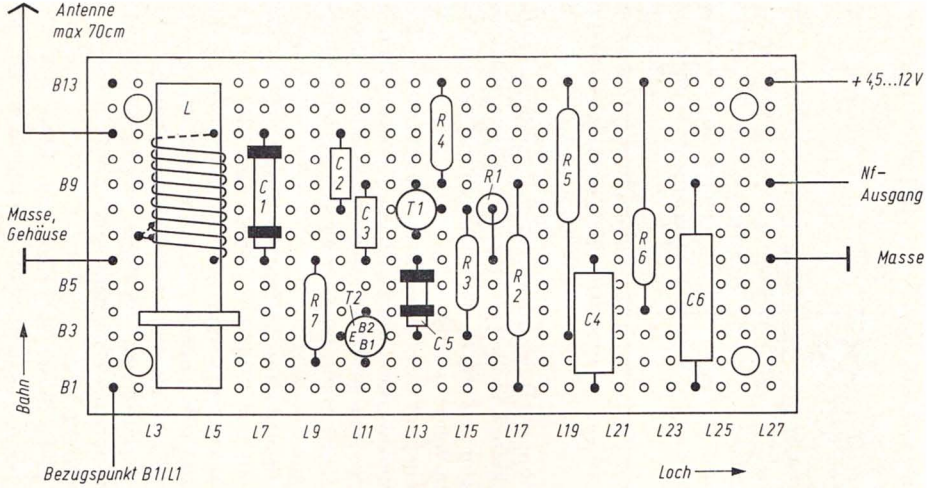


Bild 13. Aufbau des 27,12-MHz-Pendlers mit getrenntem Pendeloszillator

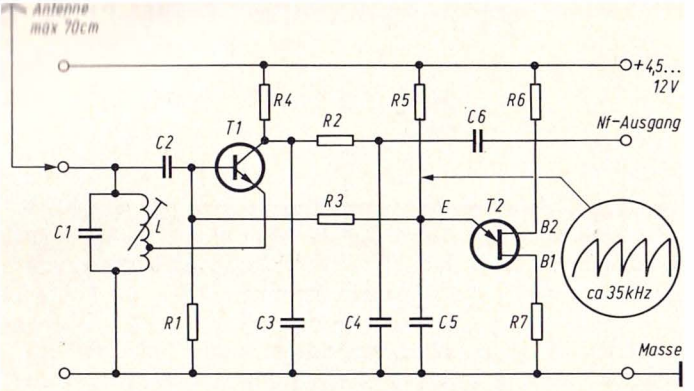


Bild 14. Schaltung des 27,12-MHz-Pendlers mit getrenntem Pendeloszillator

Drossel benötigt und der Schwingkreis einseitig auf Masse liegt. Das schafft klare und überschaubare Funktionsverhältnisse. Daß der Transistor außerdem noch als vollwertiger Nf-Verstärker wirkt, ist ein weiteres Plus.

Der Arbeitspunkt des Transistors kann mit der Basisspannung bestimmt werden. Mit zunehmender Basisspannung steigt der Kollektorstrom in T 1 so lange an, bis der Punkt höchster Empfindlichkeit erreicht wird; erst danach erfolgt ein ganz weicher Schwingungseinsatz.

Für ein automatisches Pendeln des Empfängers ist eine Sägezahnspannung von 3 bis 4 V erforderlich, die dem Basisspannungsteiler R 1/R 3 zugeführt werden muß. Diese Spannung erzeugt der Unijunktion-Transistor T 2, der als Kippgenerator geschaltet ist. Die Zeitkonstante seines Kippkreises R 5/C 5 bestimmt die Kippfrequenz. Sie liegt um 35 kHz. Die Amplitude der Kippspannung ist etwa halb so hoch wie die angelegte Versorgungsspannung *Ub*.

Nach der Höhe dieser Kippspannung richtet sich der Widerstandswert für R 3. Je kleiner die Kippspannung ist, desto kleiner muß auch R 3 bemessen werden, damit die Basis T 1 noch genügend Steuerspannung bekommt. Im Versuch wurden folgende günstige Werte für R 3 ermittelt:

$Ub = 4{,}5\ V - R\ 3 = 100\ k\Omega$
$Ub = 6\ \ V - R\ 3 = 150\ k\Omega$
$Ub = 9\ \ V - R\ 3 = 220\ k\Omega$

Nachdem der Arbeitspunkt des Transistors T 1 mit dem Widerstand R 3 festgelegt worden ist, muß der günstigste Anzapfungspunkt der Spule ausfindig gemacht werden. Man bemüht sich dabei, den Rückkoppelgrad so schwach wie möglich zu wählen, also die Anzapfstelle an die erste Windung (von Masse) zu legen. Schwingt der Transistor dann noch nicht an, so drehen wir zunächst den Eisenkern in die untere Spulenhälfte. Hilft auch dies nicht, nehmen wir die zweite Windung für die Anzapfung. Der Kern wird dann probeweise in die obere Spulenhälfte gedreht.

Eine schwache Rückkopplung ist deshalb so wichtig, weil die Schwingungen erst beim Erreichen der höchsten Basisspannung einsetzen. Die Sägezahnspannung verläuft in diesem Bereich sehr flach, und die Zeitspanne, in der das Audion seine höchste Empfindlichkeit hat, ist relativ lang. Das Ergebnis ist eine bestmögliche Empfindlichkeit und Trennschärfe.

Empfangsleistung

Man wird es kaum für möglich halten, was dieser Pendler zu leisten vermag. Mit einer 60 cm langen Drahtantenne wurde das 27-MHz-Band belauscht. Station neben Station tauchte auf, und zwar sauber, trennscharf und ungestört von dicht danebenliegenden Störsendern. Dann kam der „Zustopf-Test" mit dem eigenen Sender. Obwohl dieser Sender in 3 m Abstand vom Empfänger stand, genügte bereits eine einzige Kerndrehung, um vom eigenen Träger herunter zu sein. Neben dem eigenen Träger war wieder ein ungestörter Empfang möglich.

Weitere Versuche zeigten, daß auch mit einer äußerst kurzen Antenne (30 cm) einwandfreier Fernsteuerbetrieb zu erreichen ist.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Leiterplatte M 23
Lötstützpunkte nach Bedarf
2 Transistorfassungen für TO 18, dreipolig
1 Spulenkörper 7 mm Φ mit Kern (rot)

Widerstände

R 1 = 47 kΩ/0,5 W	B 6 /L 16 – B 8 /L 16
R 2 = 4,7 kΩ/0,5 W	B 1 /L 17 – B 9 /L 17
R 3 = siehe Text, 0,5 W	B 3 /L 15 – B 8 /L 15
R 4 = 2,2 kΩ/0,5 W	B 9 /L 14 – B 13/L 14
R 5 = 15 kΩ/0,5 W	B 3 /L 19 – B 13/L 19
R 6 = 270 Ω/0,5 W	B 4 /L 22 – B 13/L 22
R 7 = 47 Ω/0,5 W	B 2 /L 9 – B 6 /L 9

Kondensatoren

C 1 = 47 pF, keramisch	B 6 /L 7 – B 11/L 7
C 2 = 5,6 pF, keramisch	B 8 /L 10 – B 11/L 10
C 3 = 22 nF, keramische Scheibe	B 6 /L 11 – B 9 /L 11
C 4 = 33 nF/100 V	B 1 /L 20 – B 6 /L 20
C 5 = 1,5 nF, keramisch	B 3 /L 13 – B 6 /L 13
C 6 = 0,22 µF/63 V	B 1 /L 24 – B 9 /L 24

Transistoren

T 1 = BFY 19, BFY 39 II, BC 109 (ITT Intermetall)
C = B 9/L 13, B = B 8/L 14, E = B 7/L 13
T 2 = Unijunktion-Transistor 2 N 2646, 2 N 2647 (Ditratherm)
B 1 = B 2/L 11, B 2 = B 4/L 11, E = B 3/L 10

Spule

L = 9 Windg. 0,8 mm Cu, versilbert	B 6 /L 5 – B 11/L 5
Anzapfung:	B 7 /L 2

Leiterbahnunterbrechung B 9 /L 20

Anschlüsse

+ 4,5 bis 12 V = Bahn 13
– Masse = B 6 /L 1 und B 6 /L 27
Antenne = B 11/L 1
Nf-Ausgang = B 9 /L 27

III Nf-Verstärker für Fernsteuer-empfänger

Allgemeines

Der Nf-Verstärker stellt die Verbindung zwischen Hf-Empfangsteil und Schaltstufe her. Seine Aufgabe ist es, das vom Hf-Teil abgegebene und meist schwache Nf-Signal so weit zu verstärken, daß eine Relaisschaltstufe angesteuert werden kann. Damit stehen wir schon vor der Frage, wie hoch die Spannungsverstärkung sein soll.

Pendelempfänger geben im Durchschnitt eine Nf-Spannung von 2 bis 5 mV ab, im Nahbereich ist es mehr, an der Grenze der Empfindlichkeit weit weniger. Relaisschaltstufen gebrauchen eine Eingangsspannung von 0,5 bis 5 V, je nachdem wie sie geschaltet sind. Demzufolge muß der Nf-Verstärker eine Spannungsverstärkung von 1000- bis 3000fach liefern, um die Grenze des Möglichen voll auszunutzen.

Aber schon tauchen Probleme auf. Wie wir von Pendlern wissen, geben sie neben dem reinen Nutzsignal ein im Verhältnis zum Nutzsignal viel stärkeres Störsignal, nämlich die Pendelfrequenz, ab. Zudem erzeugen sie eine nicht unerhebliche Rauschspannung. All dies muß der Nf-Verstärker so verarbeiten, daß an seinem Ausgang letztlich das Nutzsignal übrig bleibt.

Es ist also nicht damit getan, gedankenlos zwei oder drei irgendwie dimensionierte Nf-Stufen hintereinanderzuschalten. Das Ergebnis wäre ein von der Pendelfrequenz übersteuerter Verstärker. Und noch eines muß ein guter Nf-Verstärker können. Sein Ausgangssignal soll bei jeder beliebigen Eingangsspannung zwischen beispielsweise 1 mV und 0,5 V konstant bleiben, damit für die Relaisschaltstufe gleichbleibende Ansteuerverhältnisse vorliegen.

Unter Berücksichtigung aller dieser Punkte will der Entwurf einer Schaltung wohl überlegt sein. Ein Beispiel dafür zeigt der Baustein 2 dieses Kapitels. Recht einfach ist dagegen der Nf-Teil für Diodenempfänger. Hier entfallen die Einflüsse von Pendelfrequenz und Rauschspannung. Auch eine Spannungsbegrenzung erübrigt sich in den meisten Fällen, da Diodenempfänger überwiegend einkanalig arbeiten. Für solche Zwecke sind die Bausteine 1 und 3 in diesem Kapitel gedacht.

1 Breitbandiger Nf-Verstärker ohne Begrenzer

Aufbau Bild 15, Schaltung Bild 16

Mit diesem Baustein kann das Nf-Signal eines Diodenempfängers (Baustein 2 oder 3 in Kapitel I) so weit verstärkt werden, daß eine breitbandige oder selektive Relaisschaltstufe angesteuert werden kann.

Der Anschluß eines Pendlers ist nur in Verbindung mit einer selektiven Relaisschaltstufe möglich. Wegen der fehlenden Begrenzung des Nf-Ausgangssignales können keine sicher funktionierenden Mehrkanalanlagen aufgebaut werden.

Schaltung

Der Verstärker enthält zwei hintereinandergeschaltete und gleich dimensionierte Transistorstufen in Emitterschaltung. Die Gesamt-Spannungsverstärkung wächst mit der verwendeten Versorgungsspannung. Sie beträgt etwa:

Ub	Spannungsverstärkung
4,5 V	1500
6 V	2100
9 V	3200

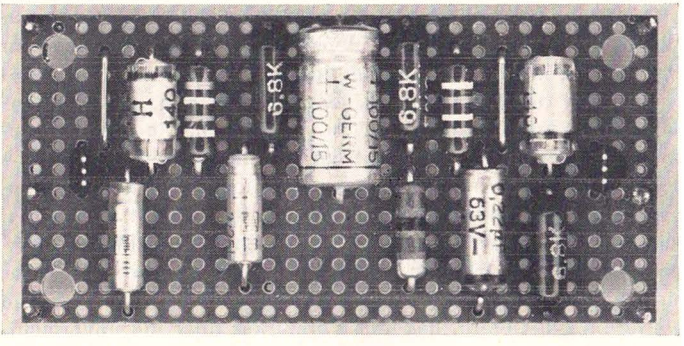
Der Frequenzgang ist bei der in der Stückliste angegebenen Dimensionierung für die Kondensatoren C 1 bis C 4 zwischen 100 Hz und 10 kHz annähernd linear. Arbeitet man mit Tonfrequenzen oberhalb 1000 Hz, empfiehlt es sich, die Kondensatoren C 1 und C 3 auf 0,22 µF zu verkleinern. Die obere Grenzfrequenz ist von der Kapazität der Kondensatoren C 2 und C 4 abhängig. Sie bewirken eine Gegenkopplung für die hohen Frequenzen, beschneiden also die Bandbreite. Das ist notwendig, da anderenfalls der Verstärker noch Signale von einigen hundert Kilohertz übertragen würde. Das Eigenrauschen der Transistoren träte dann stärker in den Vordergrund, und es bestünde weiterhin die Gefahr, daß der Verstärker über die unvermeidlichen Schaltkapazitäten ins Schwingen geriete. Die Schwing-

neigung eines zweistufigen Verstärkers ist ohnehin sehr groß, da beide Stufen die Phasenlage des Signals um je 180° drehen. Am Ausgang ist somit wieder die gleiche Phasenlage wie am Eingang, und das ist die ideale Voraussetzung für eine Selbsterregung.

Je stärker nun die obere Grenzfrequenz beschnitten wird, um so geringer ist die Gefahr einer Selbsterregung. C 2 und C 4 sind demnach so zu wählen, daß die obere Grenzfrequenz mit der Modulationsfrequenz des Senders zusammenfällt. Dafür einige Dimensionierungsrichtlinien:

Tonfrequenz	Kapazität für C 2 und C 4
15 kHz	140 pF
10 kHz	470 pF
4 kHz	1,5 nF
1 kHz	4,7 nF
500 Hz	10 nF
unter 100 Hz	68 nF

Die Arbeitspunkte der Transistoren sind mit den Basiswiderständen R 1 und R 4 festgelegt. Ihre Werte richten sich nach der Stromverstärkung der Transistoren. Sie sollen so bemessen sein, daß an den Kollektoren etwa die halbe Betriebsspannung zu messen ist. Am zweckmäßigsten werden die genauen Werte durch Versuche ermittelt (Richtwerte 560 kΩ bis 1 MΩ).



Zu Bild 15

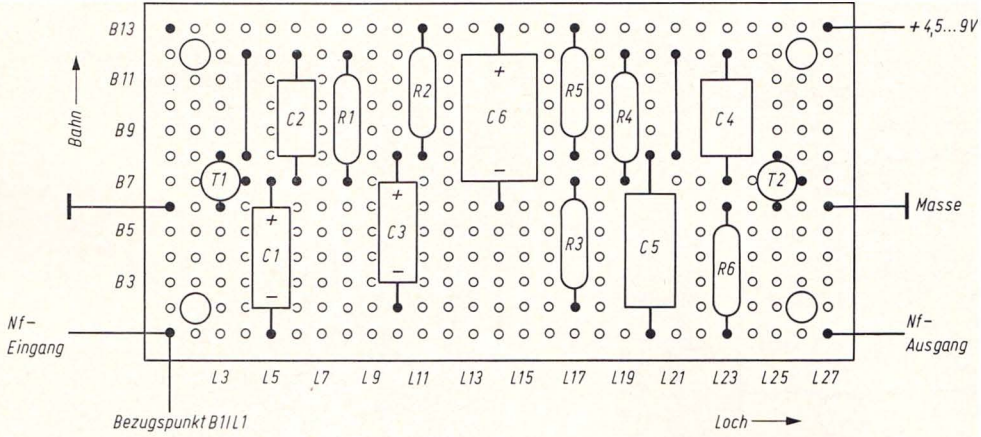


Bild 15. Aufbau des breitbandigen Nf-Verstärkers ohne Begrenzer

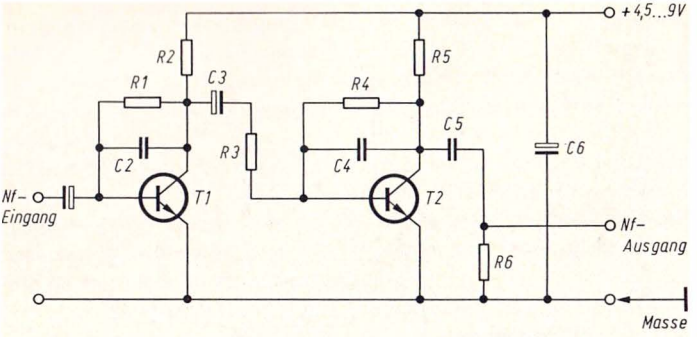


Bild 16. Schaltung des breitbandigen Nf-Verstärkers ohne Begrenzer

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Leiterplatte M 23
Lötstützpunkte nach Bedarf

Widerstände

R 1 = ca. 680 kΩ/0,5 W (s. Text)	B 7 /L 8 – B 12/L 8
R 2 = 6,8 kΩ/0,5 W	B 8 /L 11 – B 13/L 11
R 3 = 100 Ω/0,5 W	B 2 /L 17 – B 7 /L 17
R 4 = ca. 680 kΩ/0,5 W (s. Text)	B 7 /L 19 – B 12/L 19
R 5 = 6,8 kΩ/0,5 W	B 8 /L 17 – B 13/L 17
R 6 = 6,8 kΩ/0,5 W	B 1 /L 23 – B 6 /L 23

Kondensatoren

C 1 = 5 µF/15 V	B 1 /L 5 – B 7 /L 5 +
C 2 = 140 pF, Styroflex (s. Text)	B 7 /L 6 – B 12/L 6
C 3 = 5 µF/15 V	B 2 /L 10 – B 8 /L 10 +
C 4 = 140 pF, Styroflex (s. Text)	B 7 /L 23 – B 12/L 23
C 5 = 0,22 µF/63 V	B 1 /L 20 – B 8 /L 20
C 6 = 100 µF/15 V	B 6 /L 14 – B 13/L 14 +

Transistoren

T 1 = BC 171 B, BC 109 C, BFY 39 III (ITT Intermetall)
C = B 8/L 3, B = B 7/L 4, E = B 6/L 3
T 2 = BC 171 B, BC 109 C, BFY 39 III (ITT Intermetall)
C = B 8/L 25, B = B 7/L 26, E = B 6/L 25

Drahtverbindungen B 8/L 4 – B 12/L 4, B 8/L 21 – B 12/L 21

Leiterbahnunterbrechungen B 7 /L 12, B 8 /L 12, B 12/L 12

Anschlüsse

+ 4,5 bis 9 V = Bahn 13
– Masse = B 6/L 1 oder B 6/L 27
Nf-Eingang = B 1/L 1
Nf-Ausgang = B 1/L 27

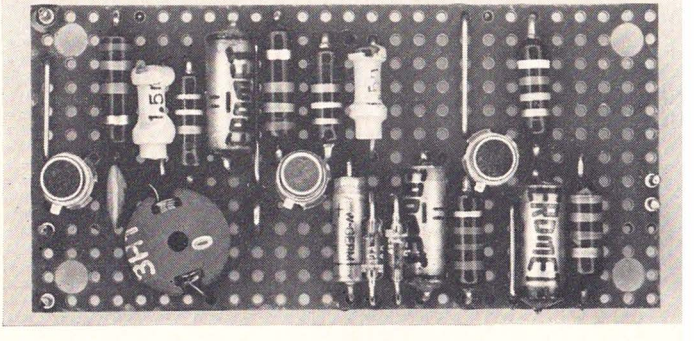
2 Nf-Verstärker mit Begrenzer und Impedanzwandlerstufe

Aufbau Bild 17, Schaltung Bild 18

An diesen Nf-Verstärker können alle Pendler (1 bis 3 in Kapitel II) sowie die Diodenempfänger (2 und 3 aus Kapitel I) angeschlossen werden. Der Baustein ist eine speziell auf Pendelempfänger zugeschnittene Weiterentwicklung des vorangegangenen Gerätes, wobei die beiden ersten Stufen T 1 und T 2 in ihrer Grundform übernommen wurden. Die technischen Daten und die allgemeinen Dimensionierungsregeln für die Stufen T 1 und T 2 können der Schaltung 1 dieses Kapitels entnommen werden.

Schaltung

Von den drei Signalspannungen, die ein Pendler liefert, nämlich Niederfrequenz, Pendelfrequenz und Rauschspannung, interessieren uns nur die beiden erstgenannten. Die Rauschspannung verschwindet ohnehin beim Eintreffen eines Empfangssignals. Nur am Rande der Empfindlichkeitsgrenze sind Rausch-



Zu Bild 17

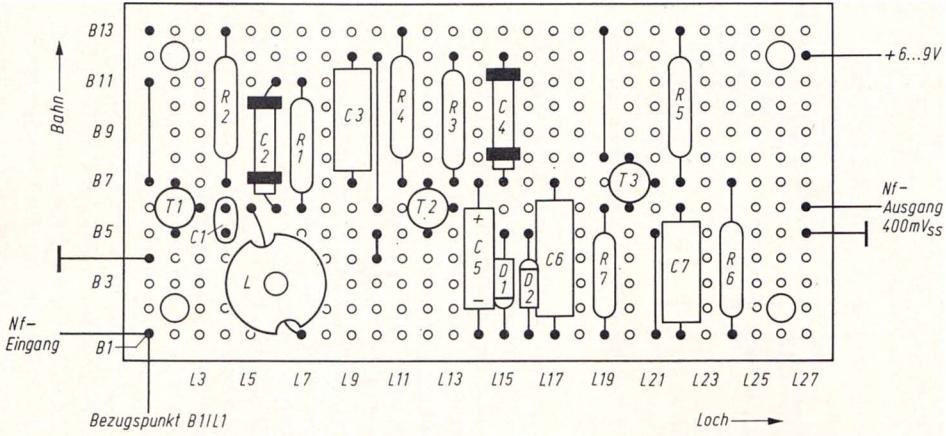


Bild 17. Aufbau des Nf-Verstärkers mit Begrenzer

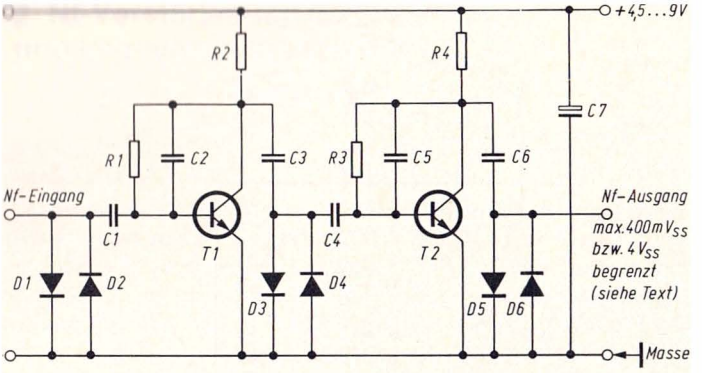


Bild 18. Schaltung des Nf-Verstärkers mit Begrenzer

und Nf-Spannung gleichzeitig vorhanden, was jedoch nicht weiter stört, da sich eine selektive Relaisschaltstufe nur die Tonfrequenz aus dem Signalgemisch „herausfischt".

Einzig störend ist also die Pendelfrequenz. Sie ist zwar nur mit der Amplitude von einigen zehn Millivolt vorhanden, darf aber trotzdem nicht auf den Eingang des Verstärkers gelangen. Weil sie aber zu dem Nf-Signal einen großen Frequenzabstand hat, können wir sie leicht mit einer Drossel unterdrücken. Dazu ist die Spule L vorgesehen, die gleich vor dem Eingang des ersten Transistors liegt. Der Kondensator C 1 vernichtet zusätzlich den Rest der über L noch durchgelassenen Pendelfrequenz. Nun erst kann das Nf-Signal weiterverstärkt werden.

Zwischen der zweiten und dritten Stufe ist ein Begrenzer, bestehend aus den zwei *Germaniumdioden* D 1 und D 2, eingefügt. Die Dioden begrenzen die von T 2 abgegebene Nf-Spannung auf 400 mV_{ss}. Um eine gute Symmetrie der Nf-Kurvenform zu erhalten, ist der Ankoppelkondensator C 5 mit 2 µF bemessen. Die Begrenzung auf 400 mV_{ss} ist äußerst wichtig, denn damit wird erreicht, daß die Relaisschaltstufen niemals eine höhere Steuerspannung als 400 mV_{ss} bekommen. An den Begrenzer schließt sich eine Impedanzwandlerstufe (T 3) an. Am Emitter von T 3 bleibt die Nf-Spannung weiterhin 400 mV_{ss}. Der Ausgangswi-

derstand von T 3 beträgt nur wenige 10 Ohm, das heißt, wir können den Ausgang stark belasten, ohne daß die Signalspannung zusammenbricht. Erst die Impedanzwandlerstufe schafft die Voraussetzungen dafür, daß mehrere Serien-Tonkreise an den Verstärker angeschlossen werden können. Parallel zum Ausgang liegt der scheinbar groß bemessene Kondensator C 7. Er hat aber auf die Ausgangsspannung keinen Einfluß, sondern dient nur zum Säubern der Tonfrequenz.

Die gesamte Schaltung hat sich so gut bewährt, daß sie in später gezeigten vollständigen Empfängerbausteinen stets wiederkehrt.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Leiterplatte M 23
3 Transistorfassungen für TO 18, dreipolig
1 Schalenkern P 11/7, 3 H 1, o. L. (Valvo)
1 Spulenkörper für Schalenkern

Widerstände

R 1 = 680 kΩ/0,5 W	B 6 /L 7 – B 11/L 7
R 2 = 6,8 kΩ/0,5 W	B 7 /L 4 – B 13/L 4
R 3 = 680 kΩ/0,5 W	B 7 /L 13 – B 12/L 13
R 4 = 6,8 kΩ/0,5 W	B 7 /L 11 – B 13/L 11
R 5 = 47 kΩ/0,5 W	B 7 /L 22 – B 13/L 22
R 6 = 6,8 kΩ/0,5 W	B 1 /L 24 – B 7 /L 24
R 7 = 150 Ω/0,5 W	B 1 /L 19 – B 6 /L 19

Kondensatoren

C 1 = 5 nF, keramische Scheibe	B 5 /L 4 – B 6 /L 4
C 2 = 1,5 nF, keramisches Röhrchen	B 6 /L 6 – B 11/L 6
C 3 = 0,22 µF/63 V	B 7 /L 9 – B 12/L 9
C 4 = 1,5 nF, keramisches Röhrchen	B 7 /L 15 – B 12/L 15
C 5 = 2 µF/15 V	B 1 /L 14 – B 7 /L 14 +
C 6 = 0,22 µF/63 V	B 1 /L 17 – B 7 /L 17
C 7 = 0,22 µF/63 V	B 1 /L 22 – B 6 /L 22

Transistoren

T 1 = BC 171 B, BC 109 C, BFY 39 III (ITT Intermetall)
C = B 7 /L 2, B = B 6 /L 3, E = B 5 /L 2
T 2 = BC 171 B, BC 109 C, BFY 39 III (ITT Intermetall)
C = B 7 /L 12, B = B 6 /L 13, E = B 5 /L 12
T 3 = BC 171 B, BC 109 C, BFY 39 III (ITT Intermetall)
C = B 8 /L 20, B = B 7 /L 21, E = B 6 /L 20

Dioden

D 1 = Germaniumdiode OA 90	B 5 /L 15 – B 1 /L 15 +
D 2 = Germaniumdiode OA 90	B 1 /L 16 – B 5 /L 16 +

Spule

L = 100 Windungen 0,15 mm CuL B 6 /L 5 – B 1 /L 8

Drahtverbindungen B 7/L 1 – B 11/L 1, B 4/L 10 – B 5 /L 10, B 6/L 10 – B 12/L 10, B 8/L 19 – B 13/L 19, B 1/L 21 – B 5 /L 21

Leiterbahnunterbrechungen	B 1 /L 12,	B 1 /L 18,	B 6 /L 9,
	B 7 /L 10,	B 7 /L 16,	B 11/L 8,
	B 6 /L 18		

Anschlüsse

+ 6 bis 9 V = Bahn 13
– Masse = B 4/L 1 und B 5/L 27
Nf-Eingang = B 1/L 1
Nf-Ausgang = B 6/L 27

3 Nf-Verstärker mit hochohmigem Eingangswiderstand

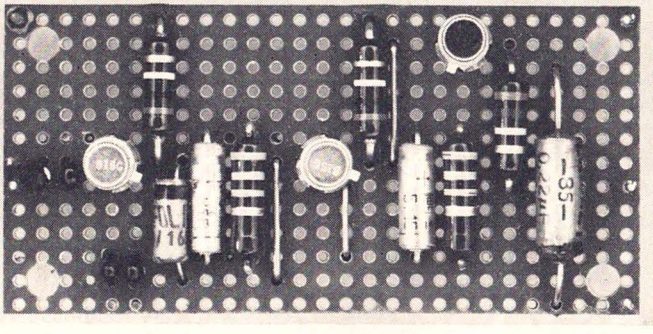
Aufbau Bild 19, Schaltung Bild 20

Passend zu dem Diodenempfänger 1 in Kapitel I soll hier ein Nf-Verstärker gezeigt werden, der den für den Diodenempfänger erforderlich hohen Eingangswiderstand hat und außerdem ein Minimum an Strom verbraucht.

Der Diodenempfänger zusammen mit diesem Nf-Verstärker und einer Relaisschaltstufe bilden einen idealen Fernsteuerempfänger im Bereich einer Wohnung. Die gesamte Anlage nimmt im Leerlauf nur einen Strom von 0,4 bis 0,5 mA auf, sie kann also für lange Zeit aus einer kleinen 9-V-Kompaktbatterie gespeist werden.

Schaltung

Von den insgesamt drei Stufen arbeiten nur T 1 und T 2 als Spannungsverstärker. Es wurden MOS-Feldeffekttransistoren gewählt, weil einmal von vornherein der hochohmige Eingangswiderstand gegeben ist und zum anderen die Stromaufnahme



Zu Bild 19

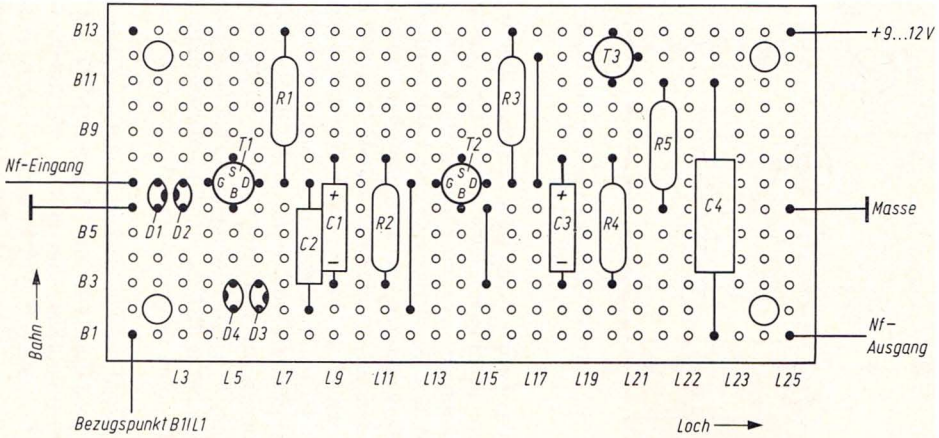


Bild 19. Aufbau des Nf-Verstärkers mit hochohmigem Eingangswiderstand

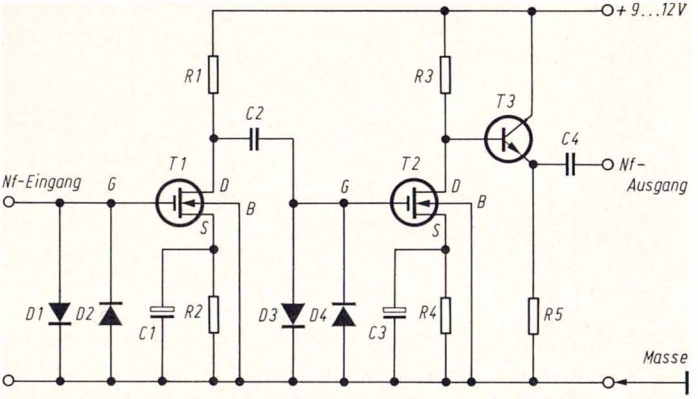


Bild 20. Schaltung des Nf-Verstärkers mit hochohmigem Eingangswiderstand

rapide gesenkt werden kann. Bei diesen Halbleitern ergeben sich keine Anpassungsprobleme, wenn man mehrere Stufen hintereinanderschaltet. Da der Eingangswiderstand immer weit höher ist als der Ausgangswiderstand der vorherigen Stufe, darf der Außenwiderstand so hochohmig wie irgend vertretbar gewählt werden. Die Außenwiderstände R 1 und R 3 sind in dieser Schaltung mit 100 kΩ bemessen. Es fließt in jedem Widerstand nur ein Strom von etwa 50 µA, dennoch bleibt die volle Spannungsverstärkung von rund 25 je Stufe erhalten. Beide Stufen zusammen ergeben eine Gesamt-Verstärkung zwischen 500 und 800, je nach Betriebsspannung und Transistorexemplar.

Dem zweiten MOS-FET ist eine Impedanzwandlerstufe nachgeschaltet, um einen niederohmigen Ausgangswiderstand zu erhalten.

Jeder MOS-FET ist mit einem Diodenpaar vor Gate-Überspannungen geschützt. Für die Dioden D 1 bis D 4 kann man jede gute Siliziumdiode oder besser die Silizium-Begrenzerdiode ZE 1,5 oder ZE 2 (ITT Intermetall) verwenden. Germaniumdioden eignen sich nicht. Ihr niedriger Sperrwiderstand würde die Vorteile der hochohmigen Verstärkerschaltung zunichte machen.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Leiterplatte M 23
Lötstützpunkte nach Bedarf
2 Transistorfassungen für TO 18, vierpolig
1 Transistorfassung für TO 18, dreipolig

Widerstände

R 1 = 100 kΩ/0,5 W	B 7 /L 7 – B 13/L 7
R 2 = 33 kΩ/0,5 W	B 3 /L 11 – B 8 /L 11
R 3 = 100 kΩ/0,5 W	B 7 /L 16 – B 13/L 16
R 4 = 33 kΩ/0,5 W	B 3 /L 20 – B 8 /L 20
R 5 = 15 kΩ/0,5 W	B 6 /L 22 – B 11/L 22

Kondensatoren

C 1 = 2 µF/15 V	B 3 /L 9 – B 8 /L 9 +
C 2 = 1,5 nF/100 V	B 2 /L 8 – B 7 /L 8
C 3 = 2 µF/15 V	B 3 /L 18 – B 8 /L 18 +
C 4 = 0,22 µF/63 V	B 1 /L 24 – B 11/L 24

Dioden ZE 1,5; ZE 2; BAY 17 (ITT Intermetall)

D 1 = B 7/L 2 – B 6/L 2 +
D 2 = B 6/L 3 – B 7/L 3 +
D 3 = B 3/L 6 – B 2/L 6 +
D 4 = B 2/L 5 – B 3/L 5 +

Transistoren

T 1 = MOS-FET 3 N 128, 3 N 142, RCA (Neye)
G = B 7 /L 4, D = B 7 /L 6, S = B 8 /L 5, B = B 6 /L 5
T 2 = MOS-FET 3 N 128, 3 N 142, RCA (Neye)
G = B 7 /L 13, D = B 7 /L 15, S = B 8 /L 14, B = B 6 /L 14
T 3 = BC 171 B, BC 109 C, BFY 39 III (ITT Intermetall)
C = B 13/L 20, B = B 12/L 21, E = B 11/L 20

Drahtverbindungen B 2 /L 12 – B 7 /L 12, B 3 /L 15 – B 6 /L 15, B 7 /L 17 – B 11/L 17

Leiterbahnunterbrechungen B 1/L 23, B 2/L 14, B 7/L 5, B 7/L 14, B 8/L 12 B 7/L 10,

Anschlüsse

+ 9 bis 12 V	= Bahn 13	Nf-Eingang	= B 7/L 1
– Masse	= B 6/L 1 oder B 6/L 27	Nf-Ausgang	= B 1/L 27

IV Relaisschaltstufen

Allgemeines

Relaisschaltstufen sind die eigentlichen „Kraftschalter" einer Empfangsanlage. Sie betätigen die Steuerorgane eines Modells. Je mehr Funktionen das Modell ausführen soll, um so mehr Kanäle müssen vorhanden sein.

Wir unterscheiden breitbandige und selektive Relaisschaltstufen. Die breitbandigen sprechen auf alle vom Nf-Verstärker abgegebenen Wechselspannungen an. Der Aufbau solcher Schaltstufen ist unproblematisch und billig. Ihnen steht aber der Nachteil gegenüber, daß normalerweise nur ein Kanal, entsprechend zwei Modellfunktionen, übertragen werden kann. Für Schiffs- und langsame Landfahrzeuge besteht jedoch die Möglichkeit, mit der Einkanalanlage ein Schrittschaltwerk mit beliebig vielen Schaltstellungen zu betätigen. Jeder Schaltstellung wird dann eine andere Funktion zugeordnet. Mit jedem Sendeimpuls springt das Schrittschaltwerk um eine Schaltstellung weiter; es überstreicht also während eines Umlaufes sämtliche Funktionen.

Die Verwendung eines Schrittschaltwerkes ist aber keine Notwendigkeit. Von der Industrie werden zahlreiche Schaltautomatiken angeboten, die bei Einkanalsteuerung nacheinander mehrere Funktionen ausführen, wie zum Beispiel: Ruder links, Ruder rechts, Motor vor, Motor aus, Motor zurück. Wer hierüber mehr wissen möchte, besorge sich am besten die Kataloge der namhaften Modellbau-Firmen.

Man sieht, daß Einkanalempfänger durchaus brauchbar und für den neu beginnenden Funkfernsteuer-Amateur am einfachsten zu erstellen sind.

Selektive Relaisschaltstufen sprechen nur auf eine bestimmte vom Sender abgestrahlte Modulationsfrequenz an. Mit zuneh-

mender Kanalanzahl muß die Trennschärfe der Relaisschaltstufen besser sein, andernfalls käme es zum gleichzeitigen Schalten mehrerer Relais.

Wir werden in diesem Kapitel recht unterschiedlich aufgebaute Relaisschaltstufen kennenlernen. Jede hat ihre Besonderheiten in technischer und ökonomischer Hinsicht.

1 Breitbandige Relaisschaltstufe für Diodenempfänger

Aufbau Bild 21, Schaltung Bild 22

Für Einkanal-Fernsteuerungen mit einem Diodenempfänger als Hf-Teil braucht man keine selektive Relaisschaltstufe vorzusehen. Die geringe Reichweite dieser Empfänger schaltet Störungen von anderen Sendern aus. Am Ausgang des dem Empfangsteil nachgeschalteten Nf-Verstärkers ist nur ein Nf-Signal vorhanden, wenn ein tonmodulierter Sender im Nahbereich betätigt wird. Daher ist es auch möglich, eine breitbandige Relaisschaltstufe zu verwenden. Sie muß lediglich auf eine bestimmte Nf-Spannung ansprechen, unabhängig von der Frequenz.

Schaltung

Die Relaisschaltstufe ist mit positiven Nf-Impulsen anzusteuern. Weil ein Nf-Signal jedoch positive und negative Halbwellen hat, muß die Wechselspannung zunächst gleichgerichtet werden. Hierfür enthält die Schaltung die beiden Dioden D 1 und D 2. Alle negativen Halbwellen leitet die Diode D 1 ab. Die positiven Halbwellen gelangen über den Widerstand R an die Basis des Transistors T 1. T 1 ist in Kollektorschaltung betrieben. Jeder positive Basisimpuls erzeugt in ihm einen Emitterstrom, mit dem der Ladekondensator C 1 aufgeladen wird. Die Ladespannung an C 1 steuert die Basis des Schalttransistors T 2. Erreicht die Basisspannung T 2 etwa + 1 V, so zieht das Relais an. Parallel zum Relais liegt der Kondensator C 2. Er unterdrückt alle Nf-Reste und bewirkt ein sauberes Schalten des Relais.

Alle drei Anschlüsse sind an der Leiterplatte herausgeführt.

Die Frequenz der steuernden Nf-Spannung darf zwischen 20 Hz und einigen zehn Kilohertz liegen.

Die Empfindlichkeit des Eingangs ist von der Wahl der Dioden D 1 und D 2 abhängig. Benutzt man Siliziumtypen, dann spricht das Relais bei 3,5 V_{ss} Eingangsspannung an. Wählt man Germaniumdioden, reichen bereits 2,5 V aus.

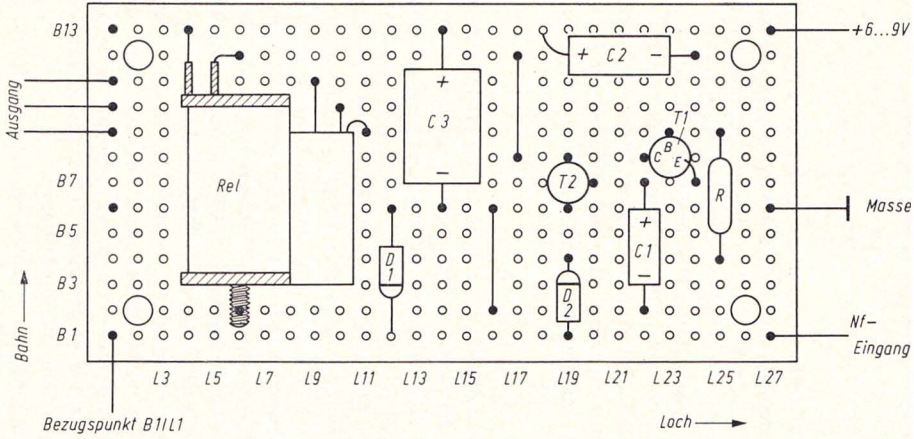
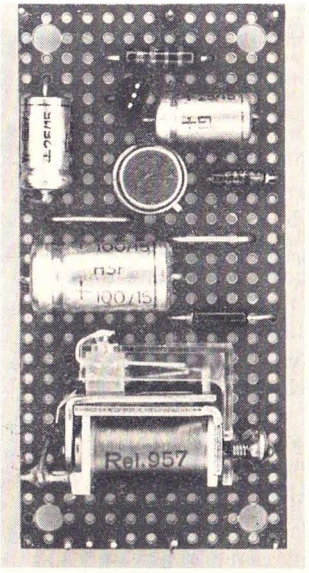


Bild 21. Aufbau der breitbandigen Relaisschaltstufe für Diodenempfänger



Zu Bild 21

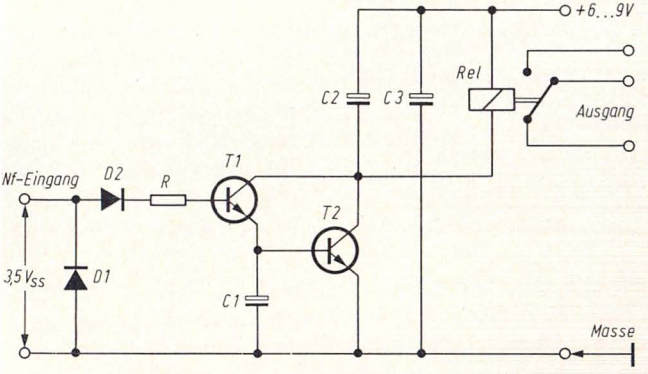


Bild 22. Schaltung der breitbandigen Relaisschaltstufe für Diodenempfänger

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Leiterplatte M 23
Lötstützpunkte nach Bedarf
1 Relais 300 Ω, Rel. 957 (Gruner)

Widerstand

R = 2,2 kΩ/0,25 W B 4 /L 25 – B 9 /L 25

Kondensatoren

C 1 = 25 µF/15 V B 2 /L 22 – B 7 /L 22 +
C 2 = 25 µF/15 V B 12/L 24 – B 13/L 18 +
C 3 = 100 µF/15 V B 6 /L 14 – B 13/L 14 +

Dioden

D 1 = BAY 17 (ITT Intermetall) B 6 /L 12 – B 1 /L 12 +
D 2 = BAY 17 (ITT Intermetall) B 1 /L 19 – B 4 /L 19 +

Transistoren

T 1 = BC 171 B, BC 109 C (ITT Intermetall)
C = B 8/L 22, B = B 9/L 23, E = B 7/L 24
T 2 = BSY 52, 53, 54 (ITT Intermetall)
C = B 8/L 19, B = B 7/L 20, E = B 6/L 19

Relais

Relaisspule: B 13/L 4 – B 12/L 6
Relaiskontakte: B 11/L 9, B 10/L 10, B 9 /L 11

Drahtverbindungen B 2/L 16 – B 6/L 16, B 8/L 17 – B 11/L 17

Leiterbahnunterbrechung B 9/L 13

Anschlüsse

+ 6 bis 9 V = Bahn 13
– Masse = B 6/L 1 oder B 6/L 27
Nf-Eingang = B 1/L 27
Relais-Ausgang = B 9/L 1, B 10/L 1, B 11/L 1

2 Rauschspannungsgesteuerte Relaisschaltstufe für Pendelempfänger

Aufbau Bild 23, Schaltung Bild 24

Von den Pendelempfängern wissen wir, daß sie ohne Empfangssignal stark rauschen, das Rauschen aber beim Eintreffen eines Hf-Trägers zurückgeht beziehungsweise ganz verschwindet. Diesen Effekt kann man zum Steuern einer Relaisschaltstufe ausnutzen. Wir verstärken dazu die Rauschspannung mit dem Nf-Baustein 1 aus Kapitel III so hoch wie möglich. Damit die Pendelfrequenz nicht stört, beschneiden wir den Frequenzgang mit ausreichend dimensionierten Gegenkopplungskondensatoren (1,5 bis 4,7 nF). Am Ausgang des Nf-Verstärkers erhalten wir dann nur die Rauschspannung mit einer Amplitude von etwa 6 V_{ss}.

Beim Eintreffen eines Hf-Trägers geht die Rauschspannung auf unter 1 V zurück. Der Träger darf aber nicht moduliert sein, da sonst die Tonfrequenz am Verstärkerausgang erscheint. Mit der sich in der Amplitude ändernden Rauschspannung steuern wir die Relaisschaltstufe an.

Diesem einfachen Verfahren stehen mehrere Nachteile entgegen. Zunächst ist nur Einkanal-Betrieb möglich. Weiterhin können unmodulierte Träger fremder Sender ein Schalten des Empfängers auslösen. Auch die erzielbare Reichweite ist nicht so groß wie bei selektiven Tonfrequenz-Empfängern. Die Verwendung eines Rauschspannungsempfängers ist daher nur für Schiffsmodelle sinnvoll. Ein echter Vorteil ist der einfache, unmodulierte Sender, der praktisch nur aus einer Oszillator- und einer Endstufe besteht.

Schaltung

Bei der Konstruktion einer Rauschspannungs-Relaisschaltstufe muß man zwei Punkte berücksichtigen. Erstens darf sie nicht zu empfindlich sein, sondern soll nur bei der höchsten vorkommenden Rauschamplitude gerade ansprechen. Nur dann können

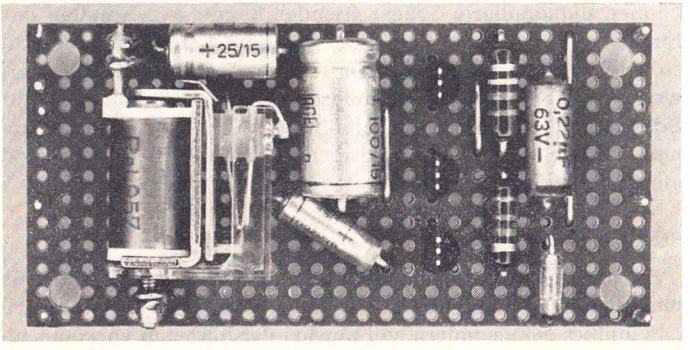
schwache Rauschspannungsänderungen zum Schalten des Relais ausgenutzt werden. Zweitens muß das Relais dann anziehen, wenn die Rauschspannung *verschwindet*. Es verhält sich also umgekehrt wie bei Tonfrequenz-Relaisschaltstufen.

Die Funktionsumkehrung verhindert einen ständigen Stromverbrauch durch das Relais während der Funkpausen.

Die gezeigte Schaltung erfüllt beide Forderungen. Sie wurde für eine Rauschspannung von 4 V_{ss} ausgelegt, um den Nf-Verstärker gegebenenfalls mit 4,5 V Betriebsspannung betreiben zu können. Von den 4 V_{ss} sind 2 V positiver Halbwellenanteil. Davon vernichten die Diode D und der Transistor T 1 je 0,6 V (Schwellspannung), also zusammen 1,2 V. An dem Ladekondensator C 1 verbleibt eine Gleichspannung von 0,7 bis 0,8 V, die den Transistor T 2 voll aussteuert. Da der Außenwiderstand (R 2) von T 2 hochohmig ist, bricht die Kollektorspannung an T 2 gänzlich zusammen. T 3 ist demzufolge gesperrt.

Nimmt nun die Rauschspannung am Eingang ab, so reicht die an C 1 stehende Gleichspannung nicht mehr aus, um T 2 durchzuschalten. T 2 sperrt, und über R 2 fließt ein Strom in die Basis von T 3. Das Relais zieht an.

Die Kondensatoren C 4 und C 3 unterdrücken Nf-Reste und verhindern ein Schwingen der Schaltung.



Zu Bild 23

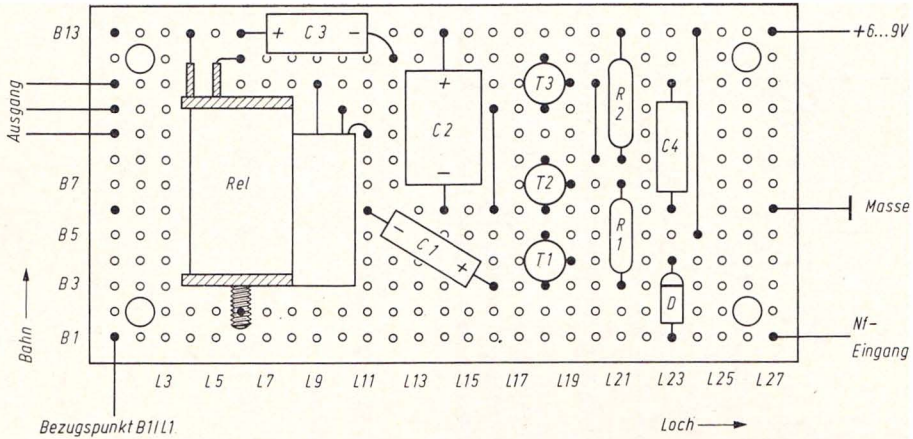


Bild 23. Aufbau der Rauschspannungs-Relaisschaltstufe

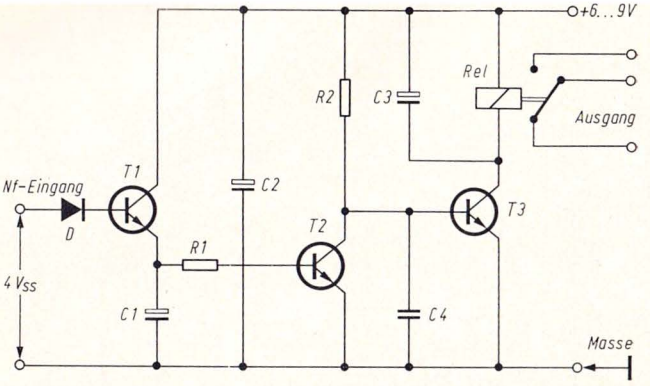


Bild 24. Schaltung der Rauschspannungs-Relaisschaltstufe

Wenn der Nf-Verstärker, der dieser Relaisschaltstufe vorgeschaltet ist, eine höhere Rauschspannung als 4 V_{ss} abgibt – hervorgerufen durch eine Betriebsspannung von 6 oder 9 V – so ist die Diode D gegen eine 2- bis 3-V-Zenerdiode auszutauschen.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Leiterplatte M 23
Lötstützpunkte nach Bedarf
1 Relais 300 Ω, Rel. 957 (Gruner)

Widerstände

R 1 = 2,2 kΩ/0,25 W	B 3 /L 21 – B 7 /L 21
R 2 = 22 kΩ/0,5 W	B 8 /L 21 – B 13/L 21

Kondensatoren

C 1 = 2 µF/15 V	B 6 /L 11 – B 3 /L 16 +
C 2 = 100 µF/15 V	B 6 /L 14 – B 13/L 14 +
C 3 = 25 µF/15 V	B 12/L 12 – B 13/L 6 +
C 4 = 0,22 µF/63 V	B 6 /L 23 – B 11/L 23

Diode

D = OA 90 oder Zenerdiode (siehe Text) B 1 /L 23 – B 4 /L 23 +

Transistoren = alle Typen BC 171 B, BC 109 C (ITT Intermetall)

T 1 :	C = B 5 /L 18,	B = B 4 /L 19,	E = B 3 /L 18
T 2 :	C = B 8 /L 18,	B = B 7 /L 19,	E = B 6 /L 18
T 3 :	C = B 12/L 18,	B = B 11/L 19,	E = B 10/L 18

Relais

Relaisspule:	B 13/L 4 – B 12/L 6
Relaiskontakte:	B 11/L 9, B 10/L 10, B 9/L 11

Drahtverbindungen B 6 /L 16 – B 10/L 16, B 8 /L 20 – B 11/L 20, B 5 /L 24 – B 13/L 24

Leiterbahnunterbrechungen B 9 /L 12, B 10/L 12, B 11/L 12

Anschlüsse

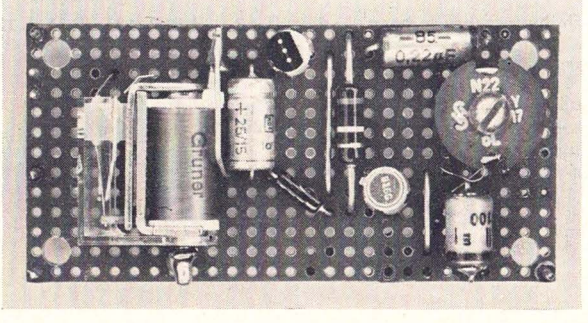
+ 6 bis 9 V	= Bahn 13
– Masse	= B 6/L 1 oder B 6/L 27
Nf-Eingang	= B 1/L 27
Relais-Ausgang	= B 9/L 1, B 10/L 1, B 11/L 1

3 Selektive Relaisschaltstufe mit Serien-Tonkreis und MOS-Feldeffekttransistor

Aufbau Bild 25, Schaltung Bild 26

Eine selektive Relaisschaltstufe soll aus dem Ausgangssignal des Nf-Verstärkers nur die Tonfrequenz heraussieben, auf die sie abgestimmt ist. Dazu benutzt man einen hochwertigen Tonkreis, bestehend aus einer verlustarmen Spule mit Schalenkern und einem Parallelkondensator.

Wir unterscheiden Serien- und Parallel-Schwingkreise. Bei Serienkreisen liegen C und L in Reihe. Die Einspeisung des Signals geschieht an den äußeren Enden von L und C. Im Resonanzfall entsteht an der Spule eine gegenüber der Speisespannung erheblich höhere Resonanzspannung. Das Verhältnis zwischen Speise- und Resonanzspannung wird um so größer, je niederohmiger der Innenwiderstand der Speisespannungsquelle und je höher das Q des Schwingkreises ist. Der Innenwiderstand der Spannungsquelle liegt in Reihe mit dem gesamten Schwingkreis. Wäre er hochohmig, so würde der Schwingkreis so stark bedämpft, daß eine Spannungsüberhöhung an der Spule L nicht zustande käme.



Zu Bild 25

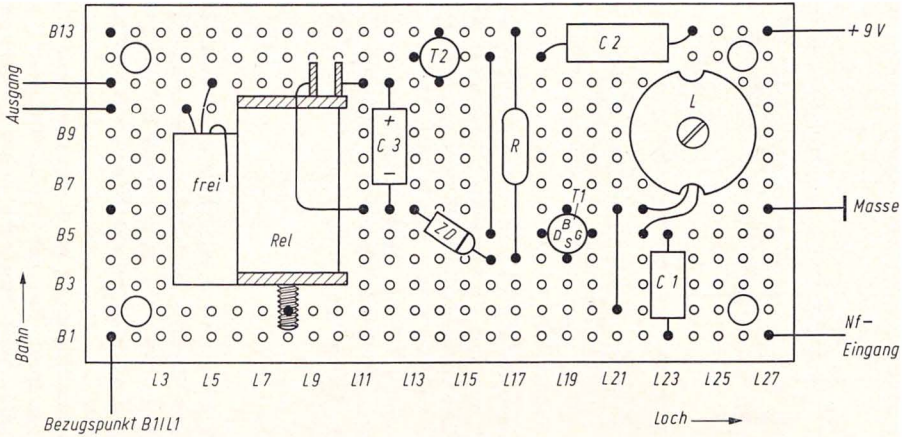


Bild 25 und 25a. Aufbau der selektiven Relaisschaltstufe mit Serien-Tonkreis und MOS-FET

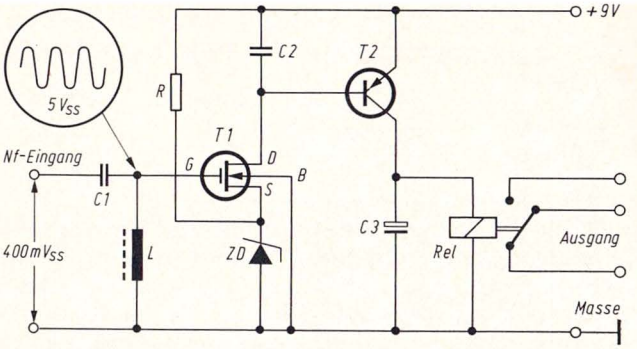


Bild 26. Schaltung der selektiven Relaisschaltstufe mit Serien-Tonkreis und MOS-FET

Diese Relaisschaltstufe ist mit einem Serien-Tonkreis bestückt, der sich aus dem Kondensator C 1 und der Spule L zusammensetzt. Der vorgeschaltete Nf-Verstärker muß also einen niederohmigen Ausgang haben. Es ist deshalb nur der Nf-Baustein 2 aus Kapitel III mit Germanium-Begrenzerdioden (D 5 und D 6) zu verwenden. Der Widerstand leitender Germaniumdioden ist klein genug, um daran einen Serien-Tonkreis anzuschließen.

Schaltung

Der Serien-Tonkreis wird mit einer annähernd konstanten Nf-Spannung von 400 mV_{ss} gespeist. Im Resonanzfall schaukelt sich der Kreis auf etwa 5 V_{ss} an der Spule auf. Frequenzen, die außerhalb der Resonanzfrequenz liegen, erscheinen nur mit 400 mV_{ss} an L.

Mit der Resonanzspannung wird nun der zweistufige Schaltverstärker angesteuert. Für den ersten Transistor wurde ein MOS-FET gewählt, weil sein sehr hoher Eingangswiderstand den Tonkreis in keiner Weise belastet. Der Arbeitspunkt des MOS-FETs wurde so festgelegt, daß nur Gate-Spannungen oberhalb 4 V_{ss} ein Schalten des Relais bewirken. Dazu mußte

dem Gate eine negative Vorspannung von – 3,9 V gegeben werden. Sie wird mit der 3,9-V-Zenerdiode gewonnen.

Solange die Gatespannung kleiner ist als 4 V_{SS}, fließt im Drain kein Strom. Der pnp-Schalttransistor bleibt folglich gesperrt und das Relais abgefallen. Übersteigt die Gatespannung 4 V_{SS}, so wird der MOS-FET leitend. Der impulsförmige Drainstrom wird mit dem Kondensator C 3 geglättet, und der entstehende Gleichstrom steuert die Basis von T 2. Das Relais zieht an. Der Kondensator C 3 beseitigt die Nf-Reste am Relais.

Verwendungshinweise

Der Baustein kann für selektive Ein- oder Mehrkanalanlagen verwendet werden. Mehrere Bausteine werden einfach parallelgeschaltet, das heißt, alle Nf-Eingänge sind ohne zusätzliche Schaltmittel direkt mit dem Ausgang des Nf-Verstärkers 2 aus Kapitel III zu verbinden. Wegen der relativ hohen Empfindlichkeit ist diese Relaisschaltstufe vorwiegend für weitreichende Anlagen gedacht.

Die Ansprechfrequenz kann bei gleichen Spulen in allen Bausteinen mit dem Kondensator C 1 vorbestimmt werden. Sie beträgt bei L = 240 Windungen 0,15 mm CuL auf Schalenkern 14 mm ⌀ x 8 mm 1100 N 22 o. L. und folgenden Kapazitäten

Kondensator C 1	Frequenz
33 nF	2,9 kHz
22 nF	3,4 kHz
15 nF	4,7 kHz
6,8 nF	6,0 kHz

Die Bandbreite der Kreise liegt um ± 5 Prozent, also bei 2,9 kHz um ± 150 Hz. Ein genaues Abgleichen der Kreise ist nicht notwendig, da die in diesem Buch beschriebenen Sender mühelos auf den Empfänger eingestellt werden können.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Leiterplatte M 23
Lötstützpunkte nach Bedarf
1 Transistorfassung für TO 18, vierpolig
1 Transistorfassung für TO 18, dreipolig
1 Relais 300 Ω, Rel. 957 (Gruner)
1 Schalenkern 14 mm ⌀ x 8 mm, 1100 N 22 o. L. (Siemens)
1 Spulenkörper für Schalenkern

Widerstand

R = 100 kΩ/0,5 W B 4/L 17 – B 13/L 17

Kondensatoren

C 1 = siehe Text, 100 V B 1 /L 23 – B 5 /L 23
C 2 = 0,22 µF/63 V B 12/L 18 – B 13/L 24
C 3 = 25 µF/15 V B 6 /L 12 – B 11/L 12 +

Zenerdiode

ZD = ZP 3,9 (ITT Intermetall) B 6 /L 13 – B 4 /L 16 +

Transistoren

T 1 = MOS-FET 3 N 142, RCA (Neye)
G = B 5 /L 20, D = B 5 /L 18, S = B 4 /L 19, B = B 6 /L 19
T 2 = BC 171 B, BC 109 C (ITT Intermetall)
C = B 11/L 14, B = B 12/L 13, E = B 13/L 14

Spule

L = 240 Windg. 0,15 mm CuL B 5 /L 20 – B 6 /L 20

Relais

Relaisspule: B 6 /L 11 – B 11/L 11
Relaiskontakte: B 10/L 4, B 11/L 5

Drahtverbindungen B 5 /L 18 – B 12/L 18, B 2 /L 21 – B 6 /L 21

Leiterbahnunterbrechungen B 5 /L 19, B 10/L 8, B 11/L 8

Anschlüsse

+ 9 V = Bahn 13
– Masse = B 6 /L 1 oder B 6 /L 27
Nf-Eingang = B 1 /L 1 oder B 1 /L 27
Relais-Ausgang = B 10/L 1, B 11/L 1

4 Selektive Relaisschaltstufe mit Serien-Tonkreis und zweistufigem Schaltverstärker

Aufbau Bild 27, Schaltung Bild 28

Eine äußerst preiswert und elektrisch unkompliziert aufzubauende Relaisschaltstufe läßt sich mit zwei in Darlingtonschaltung betriebenen Transistoren erstellen. Für die Transistoren T 1 und T 2 kann man jeden Silizium-npn-Typ benutzen, sofern die Stromverstärkung über 100 liegt.

Der Serien-Tonkreis, bestehend aus C 1 und L, ist auf 3,4 kHz abgestimmt. Er wird von dem Nf-Baustein 2 in Kapitel III angesteuert. Sobald eine Resonanz erreicht wird, steigt die Wechselspannung an L auf über 5 V_{ss} an. Die positiven Halbwellen von etwa 2,5 V_{OS} steuern den Transistorverstärker.

Die Darlingtonschaltung ist hervorragend zum Anschluß von hochohmigen Generatoren, in diesem Fall des Tonkreises, geeignet. Warum das so ist, wollen wir kurz erörtern.

Ein Darlingtonverstärker setzt sich aus einer Kollektorstufe (T 1) und einer Emitterstufe (T 2) zusammen. Die Kollektorstufe ist ein Impedanzwandler; sie liefert also keine Spannungsverstärkung, sondern nur eine Stromverstärkung. Ihr Eingangswiderstand ist hochohmig, ihr Ausgangswiderstand niederohmig. Die Emitterstufe T 2 hat eine große Leistungsverstärkung, sie muß aber aus einem niederohmigen Generator (hier T 1) angesteuert werden. In der Darlingtonschaltung sind die typischen Eigenschaften jeder Stufe vereint, sie hat den hohen Eingangswiderstand von T 1 und gleichzeitig die Leistungsverstärkung von T 2.

Wenn das Relais einen Strom von 20 mA gebraucht, um sicher anzuziehen, und jeder Transistor eine Stromverstärkung von 100 hat, so kann überschlägig folgende Rechnung aufgestellt werden.

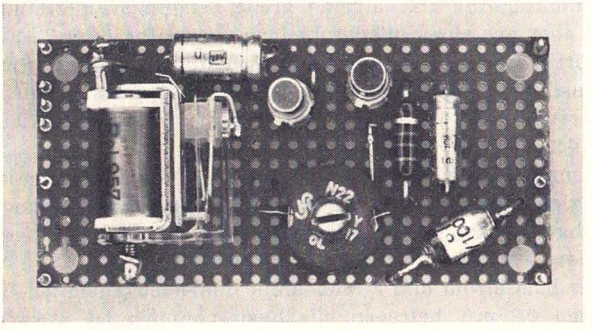
Der Basisstrom in T 2 muß unter den obengenannten Bedingungen 0,2 mA betragen, die Basisspannung ist etwa 0,8 V. Daraus ergibt sich ein wirksamer Eingangswiderstand für T 2

von 4000 Ω, ein Wert, der für den direkten Anschluß eines hochohmigen Tonkreises viel zu klein ist. Durch Zuschalten des Impedanzwandlers T 1 steigt der Eingangswiderstand an T 1 um den Faktor der Stromverstärkung (T 1) an, also von 4 kΩ auf 400 kΩ! Zum Auslösen des Relais reicht nun bereits ein Steuerstrom von 2 µA aus. Allerdings muß die Steuerspannung an T 1 geringfügig höher sein als die Schwellspannungen beider Transistoren zusammen (0,6 + 0,6 = 1,2 V). Da jedoch die Steuerspannung an der Basis T 1 keine Gleichspannung ist, sondern nur die positiven Halbwellen der Tonfrequenz oberhalb 1,2 V wirksam werden, benötigen wir an T 1 eine Halbwellenamplitude von etwa 2 bis 2,5 V, entsprechend 4 bis 5 V_{ss}. Die einzelnen Emitterstromstöße in T 1 werden dann mit dem Kondensator C 2 zu einer Gleichspannung integriert, die den Schalttransistor T 2 aussteuert.

Der Kondensator C 3 schließt Wechselstromreste an der Relaiswicklung kurz.

Zahlreiche Versuche mit dieser Relaisschaltstufe zeigten, daß sie weder thermisch unstabil noch sonstwie störanfällig ist. Die kleinste Steuerspannung, bei der das Relais noch gerade anzieht, liegt um 150 mV_{ss}! Bei Vollansteuerung mit maximal 400 mV_{ss} ist die Bandbreite ± 200 Hz.

Andere Frequenzen lassen sich durch Auswechseln des Kondensators C 1 gegen andere Kapazitätswerte erzielen. Das Re-



Zu Bild 27

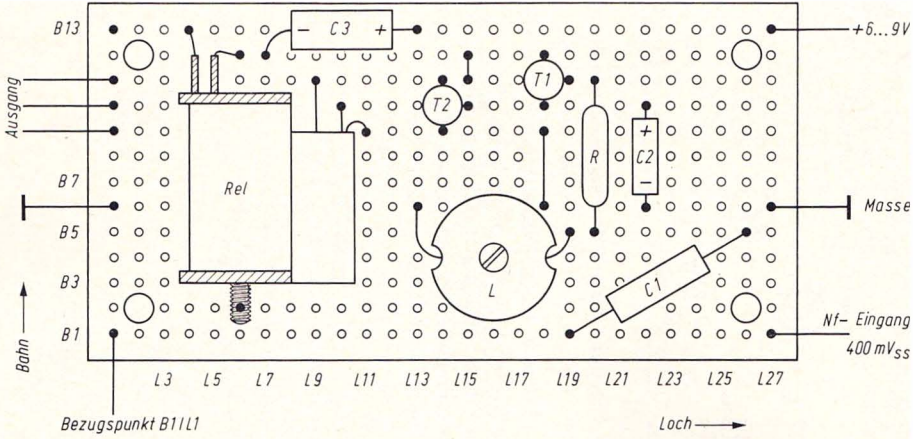


Bild 27. Aufbau der zweistufigen Relaisschaltstufe

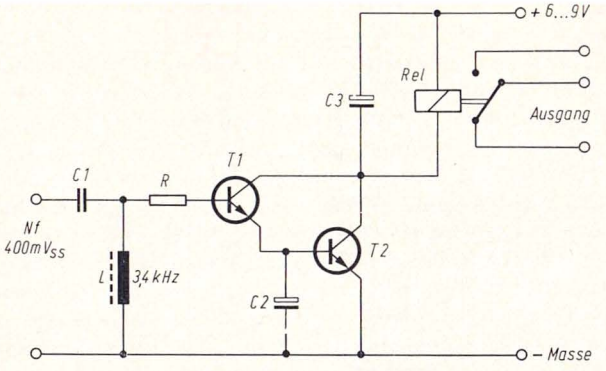


Bild 28. Schaltung der zweistufigen Relaisschaltstufe

lais muß für $Ub = 6$ V einen Widerstand von 175 Ω und für $Ub = 9$ V einen Widerstand von 300 Ω haben.

Mehrere Bausteine dieser Art können ohne weiteres eingangsseitig zusammengeschlossen und direkt mit dem Nf-Verstärker 2 in Kapitel III gespeist werden.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Leiterplatte M 23
Lötstützpunkte nach Bedarf
2 Transistorfassungen für TO 18, dreipolig
1 Relais 300 Ω, Rel. 957 (Gruner) oder 175 Ω (Grundig-Graupner)
1 Schalenkern 14 mm Φ x 8 mm, 1100 N 22, o. L. (Siemens)
1 Spulenkörper, 1 Kammer, für Schalenkern

Widerstand

R = 2,2 kΩ/0,5 W B 5 /L 20 – B 11/L 20

Kondensatoren

C 1 = 22 nF/100 V B 1 /L 19 – B 5 /L 26
C 2 = 5 µF/15 V B 6 /L 22 – B 10/L 22 +
C 3 = 25 µF/15 V B 12/L 7 – B 13/L 13 +

Spule

L = 240 Windungen 0,15 mm CuL B 6 /L 13 – B 5 /L 19

Transistoren

T 1 = BC 109 C, BFY 39 III, BC 171 B (ITT Intermetall)
C = B 12/L 18, B = B 11/L 19, E = B 10/L 18
T 2 = BC 109 C, BFY 39 III, BC 171 B (ITT Intermetall)
C = B 11/L 14, B = B 10/L 15, E = B 9 /L 14

Relais

Relais-Spule = B 13/L 4 – B 12/L 6
Relais-Kontakte = B 11/L 9, B 10/L 10, B 9/L 11

Drahtverbindungen B 6 /L 18 – B 9 /L 18, B 11/L 15 – B 12/L 15

Leiterbahnunterbrechungen B 9 /L 12, B 10/L 11, B 11/L 10

Anschlüsse

+ 6 bis 9 V = Bahn 13
– Masse = Bahn 6
Nf-Eingang = B 1/L 27
Relais-Ausgang = B 9/L 1, B 10/L 1, B 11/L 1

5 2-Kanal-Schaltstufe mit kontaktlosem Ausgang

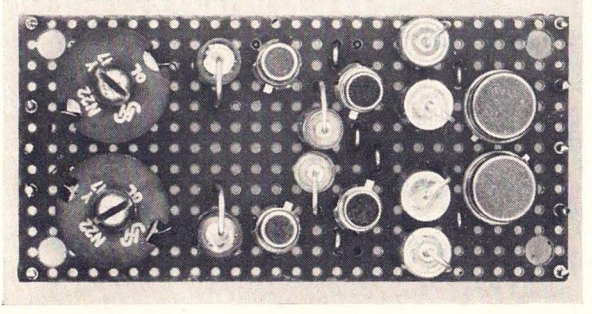
Aufbau Bild 29, Schaltung Bild 30

Mit dieser 2-Kanal-Schaltstufe kann ohne Verwendung von Relais eine Rudermaschine links und rechts gesteuert werden. Nicht neutralisierende Rudermaschinen bleiben in jeder beliebigen Stellung stehen, weshalb eine dem Proportionalsystem nachempfundene Steuerung möglich ist.

Rudermaschinen gibt es in zahlreichen Ausführungen und für verschiedene Spannungen. Viele davon sind für 2,4 V, einige für 6 V und vereinzelte für 9 V ausgelegt. Ungeachtet der unterschiedlich hohen Betriebsspannungen kann man alle Arten von Rudermaschinen an diesen Baustein anschließen.

Schaltung

Der Baustein enthält zwei völlig gleich aufgebaute, jedoch auf verschiedene Frequenzen abgestimmte Schaltverstärker. Der Serien-Tonkreis L 1/C 1 ist auf 2,9 kHz, der Tonkreis L 2/C 5 auf 3,4 kHz abgestimmt. Jedem Tonkreis ist ein dreistufiger Verstärker nachgeschaltet. Wenn auf den Eingang eine Frequenz



Zu Bild 29

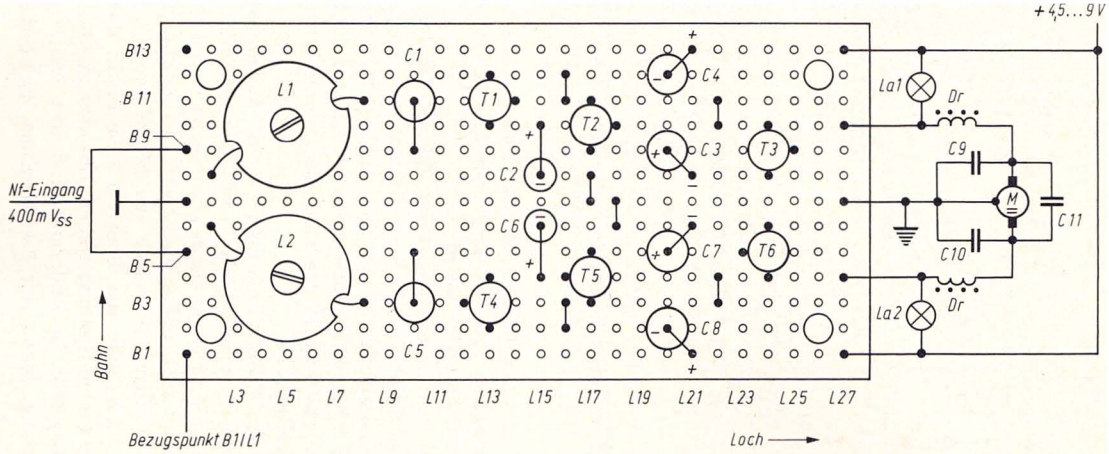


Bild 29. Aufbau der 2-Kanal-Schaltstufe mit kontaktlosem Ausgang

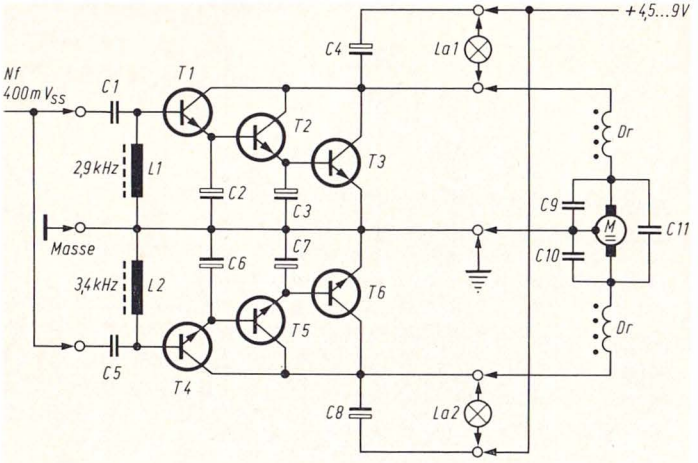


Bild 30. Schaltung der 2-Kanal-Schaltstufe mit kontaktlosem Ausgang

von 2,9 kHz gegeben wird, leiten die Transistoren T 1 bis T 3; erhält der Eingang eine Frequenz von 3,4 kHz, so werden die Transistoren T 4 bis T 6 leitend.

Die eigentlichen Schalttransistoren T 3 und T 6 sind mit einem mechanischen Schaltkontakt vergleichbar. Sie sind sehr robust und dürfen kurzzeitig mit 1 A belastet werden. Diese Schalttransistoren bilden zusammen mit den Lampen La 1 und La 2 eine Brückenschaltung. In der Brückendiagonale liegt der Motor der Rudermaschine.

Solange kein Nf-Signal am Eingang des Bausteines liegt, sind alle Transistoren gesperrt, das heißt, die gesamte Anlage ist stromlos. Wird T 3 leitend, dann bricht seine Kollektorspannung auf nahezu Null zusammen. Die Lampe La 1 leuchtet auf. Gleichzeitig fließt ein Strom über La 2, den Motor und T 3. Das Ruder schlägt nun nach links aus. Sperrt T 3, so bleibt das Ruder in der angenommenen Stellung stehen. Ein erneutes Betätigen des 2,9-kHz-Kanals läßt die Rudermaschine noch weiter nach links einschlagen. Erst wenn der 3,4-kHz-Kanal eingeschaltet wird,

kann das Ruder zurückgeholt, also über die Mittelstellung nach rechts gebracht werden. In diesem Fall leitet T 6. Der Motorstrom fließt jetzt über La 1 und T 6 in umgekehrter Richtung. Dabei leuchtet zwar auch La 2 auf, doch das hat auf den Motorstrom keinen Einfluß.

Glühlampen als Vorwiderstände zu verwenden hat einen besonderen Grund. Wie allgemein bekannt ist, haben kalte Glühlampen einen weit geringeren ohmschen Widerstand als im heißen Zustand. Der Motor bekommt daher im Einschaltmoment einen kräftigen Stromstoß, der das Anlaufen beschleunigt.

Die Wahl der Lampen muß auf die Betriebsspannung des Bausteines und die der Rudermaschine abgestimmt sein. Für 2,4-V-Rudermaschinen verwendet man eine Betriebsspannung von 4,5 bis 6 V und normale Fahrradlampen 6 V/3 W. Bei 6-V- und 9-V-Rudermaschinen benötigt man eine Betriebsspannung von 9 V und Radio-Skalenlampen 7 V/0,3 A.

Sofern eine Eigenbau-Rudermaschine betrieben werden soll, ist der Motor sorgfältig zu entstören. Dazu dienen drei keramische Kondensatoren C 9 bis C 11 sowie zwei Ferroxcube-Breitbanddrosseln (Dr).

Stückliste und Lage der Bauteile siehe nächste Seite.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Leiterplatte M 23
4 Transistorfassungen für TO 18, dreipolig
2 Schalenkerne 14 mm ⌀ x 8 mm, 1100 N 22 o. L. (Siemens)
2 Spulenkörper, 1 Kammer, für Schalenkerne
Lampen: siehe Text

Kondensatoren

C 1 = 33 nF/100 V	B 9 /L 10 – B 11/L 10
C 2 = 10 µF/15 V	B 8 /L 15 – B 10/L 15 +
C 3 = 25 µF/15 V	B 8 /L 21 – B 9 /L 20 +
C 4 = 25 µF/15 V	B 12/L 20 – B 13/L 21 +
C 5 = 22 nF/100 V	B 5 /L 10 – B 3 /L 10
C 6 = 10 µF/15 V	B 6 /L 15 – B 4 /L 15 +
C 7 = 25 µF/15 V	B 6 /L 21 – B 5 /L 20 +
C 8 = 25 µF/15 V	B 2 /L 20 – B 1 /L 21 +

C 9 bis C 11 = 4,7 nF, keramisch

Spulen

L 1 = 240 Windungen 0,15 mm CuL	B 8 /L 2 – B 11/L 8
L 2 = 240 Windungen 0,15 mm CuL	B 6 /L 2 – B 3 /L 8

Transistoren

T 1 = BC 109 C, BFY 39 III, BC 171 B (ITT Intermetall)
C = B 12/L 13, B = B 11/L 14, E = B 10/L 13

T 2 = BC 109 C, BFY 39 III, BC 171 B (ITT Intermetall)
C = B 11/L 17, B = B 10/L 18, E = B 9 /L 17

T 3 = BFY 50, BSX 22 (ITT Intermetall)
C = B 10/L 24, B = B 9 /L 25, E = B 8 /L 24

T 4 = BC 109 C, BFY 39 III, BC 171 B (ITT Intermetall)
C = B 2 /L 13, B = B 3 /L 12, E = B 4 /L 13

T 5 = BC 109 C, BFY 39 III, BC 171 B (ITT Intermetall)
C = B 3 /L 17, B = B 4 /L 16, E = B 5 /L 17

T 6 = BFY 50, BSX 22 (ITT Intermetall)
C = B 4 /L 24, B = B 5 /L 23, E = B 6 /L 24

Drahtverbindungen B 2 /L 16 – B 3 /L 16, B 11/L 16 – B 12/L 16, B 6 /L 18 – B 7 /L 18, B 7 /L 17 – B 8 /L 17, B 3 /L 20 – B 4 /L 20, B 10/L 20 – B 11/L 20

Leiterbahnunterbrechungen B 3 /L 15, B 4 /L 9, B 4 /L 19, B 5 /L 12, B 9 /L 12, B 10/L 9, B 10/L 19, B 11/L 15

Anschlüsse

+ 4,5 bis 9 V	=	Bahn 1 und 13
– Masse	=	Bahn 7
Nf-Eingang	=	B 5 /L 1 und B 9 /L 1
La 1	=	B 10/L 27 – B 13/L 27
La 2	=	B 1 /L 27 – B 4 /L 27
Motor	=	B 4 /L 27 – B 10/L 27

6 Steckbare 6-Kanal-Schaltstufe ohne Relais

Aufbau Bild 31, Schaltung Bild 32

Passend zu dem kompletten Empfänger in Kapitel V, Schaltung 3, wurde diese 6-Kanal-Schaltstufe entwickelt, die genau wie der Empfänger steckbar ist und die gleichen Abmessungen hat.

Jeder Kanal entspricht in der Grundschaltung dem vorstehenden Baustein (Kapitel IV, Baustein 5), weshalb sich eine nochmalige Schaltungsbeschreibung erübrigt. Die Ansprechfrequenzen der einzelnen Kanäle liegen zwischen 2,4 und 6 kHz. Zusammen mit dem Empfängerbaustein 3 in Kapitel V, der bereits eine Schaltstufe mit Relaisausgang hat, können also insgesamt sieben Kanäle übertragen werden.

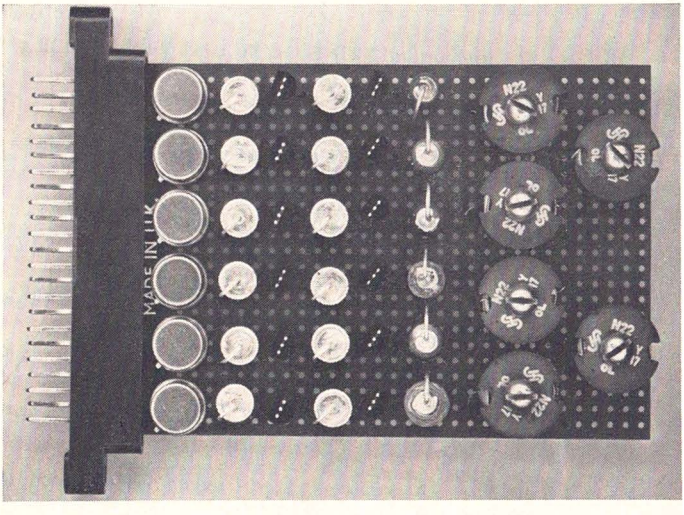
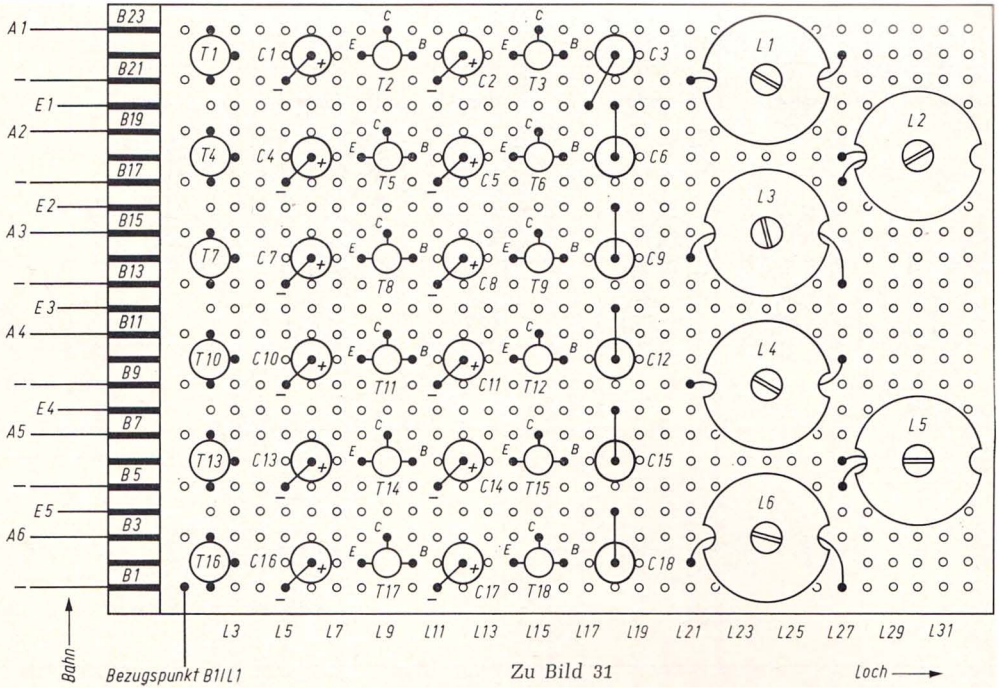


Bild 31. Aufbau der steckbaren 6-Kanal-Schaltstufe


A1
B23
B21
E1
A2
B19
B17
E2
A3
B15
B13
E3
A4
B11
B9
E4
A5
B7
B5
E5
A6
B3
B1
T1
C1
T2
C2
T3
C3
L1
L2
T4
C4
T5
C5
T6
C6
L3
T7
C7
T8
C8
T9
C9
T10
C10
T11
C11
T12
C12
L4
L5
T13
C13
T14
C14
T15
C15
L6
T16
C16
T17
C17
T18
C18
C
E
B
L3 L5 L7 L9 L11 L13 L15 L17 L19 L21 L23 L25 L27 L29 L31
Bahn
Bezugspunkt B1/L1
Loch

Zu Bild 31

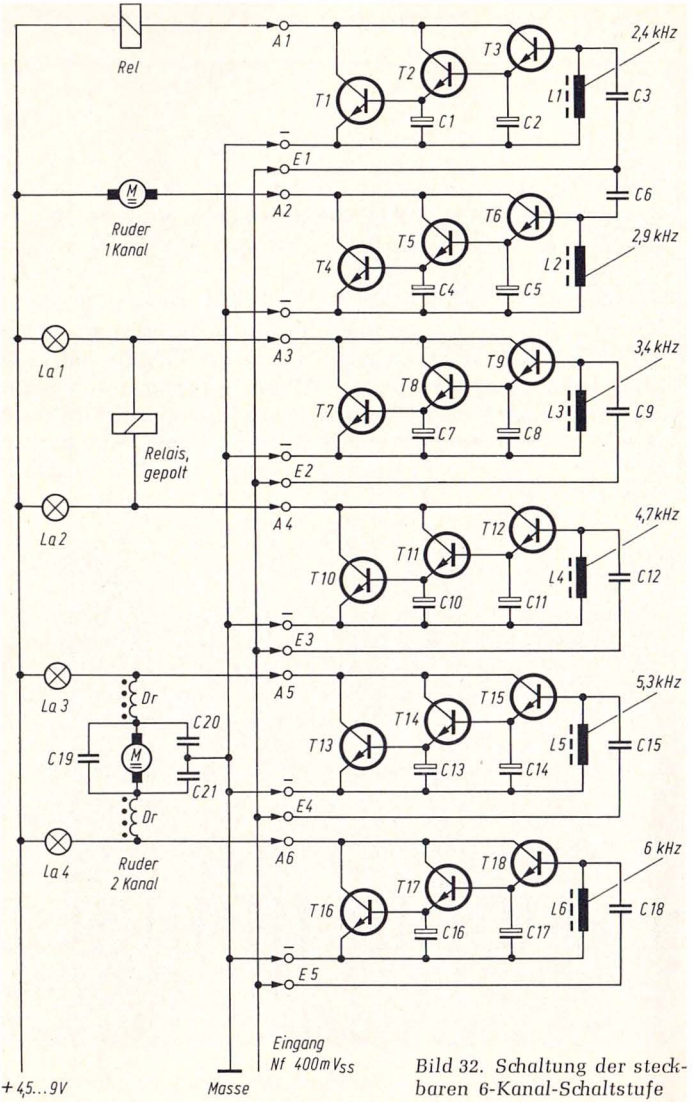


Bild 32. Schaltung der steckbaren 6-Kanal-Schaltstufe

Die Schaltstufen auf dieser Steckkarte sind galvanisch voneinander getrennt und wie im Schaltbild gezeigt aufgebaut. Es müssen daher alle Plus-, Masse- und Nf-Anschlüsse an der Steckerleiste miteinander verbunden werden.

Mit den sechs Kanälen können wir entweder drei Rudermaschinen in Brückenschaltung betreiben (Beispiel zeigt Kanal 5 und 6), polarisierte Relais schalten (Kanal 3 und 4) oder aber einfache Relais beziehungsweise Einkanal-Rudermaschinen steuern (Kanal 1 bzw. 2).

Die Belastung jedes Kanals darf kurzzeitig bis zu 1 A betragen. Wird dieser Strom nicht gebraucht, so dürfen für die Transistoren T 1, T 4, T 7, T 10, T 13 und T 16 preiswerte 500-mA-Typen, wie zum Beispiel BSY 52, 53, 54, 2 N 1613 oder ähnliche, verwendet werden. – Über die Dimensionierung der Lampen La 1 bis La 4 gibt die Beschreibung 5 dieses Kapitels Auskunft.

Es ist sehr wichtig, daß dieser Baustein aus einer *eigenen* Spannungsquelle betrieben wird. Eine gemeinsame Spannungsquelle für den Empfänger und diese Schaltstufen würde sofort galvanische Verkopplungen hervorrufen, die zu einem Flattern der Relais beziehungsweise zum ruckartigen Laufen der Motoren führte.

Einbau der Transistoren

Alle Transistoren sind direkt eingelötet. Die Schalttransistoren werden so besser gekühlt als in einer Fassung. Die Anschlüsse aller Vorstufentransistoren können aus Platzgründen nicht im Rastermaß eingelötet werden (siehe Aufbauplan!). Die Verwendung von Fassungen ist deshalb nicht möglich.

Stückliste und Lage der Bauteile siehe nächste Seite.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Steckkarte M 10
1 Steckerleiste 23polig, 2,5 mm Kontaktabstand
6 Schalenkerne 14 mm Φ x 8 mm, 1100 N 22 o. L. (Siemens)
6 Spulenkörper für Schalenkerne

Kondensatoren

C 1 = 25 µF/15 V	B 21/L 5 – B 22/L 6 +
C 2 = 25 µF/15 V	B 21/L 11 – B 22/L 12 +
C 3 = 47 nF/100 V	B 20/L 17 – B 22/L 18
C 4 = 25 µF/15 V	B 17/L 5 – B 18/L 6 +
C 5 = 25 µF/15 V	B 17/L 11 – B 18/L 12 +
C 6 = 33 nF/100 V	B 18/L 18 – B 20/L 18
C 7 = 25 µF/15 V	B 13/L 5 – B 14/L 6 +
C 8 = 25 µF/15 V	B 13/L 11 – B 14/L 12 +
C 9 = 22 nF/100 V	B 14/L 18 – B 16/L 18
C 10 = 25 µF/15 V	B 9 /L 5 – B 10/L 6 +
C 11 = 25 µF/15 V	B 9 /L 11 – B 10/L 12 +
C 12 = 15 nF/100 V	B 10/L 18 – B 12/L 18
C 13 = 25 µF/15 V	B 5 /L 5 – B 6 /L 6 +
C 14 = 25 µF/15 V	B 5 /L 11 – B 6 /L 12 +
C 15 = 10 nF/100 V	B 6 /L 18 – B 8 /L 18
C 16 = 25 µF/15 V	B 1 /L 5 – B 2 /L 6 +
C 17 = 25 µF/15 V	B 1 /L 11 – B 2 /L 12 +
C 18 = 6,8 nF/100 V	B 2 /L 18 – B 4 /L 18

Transistoren

T 1, T 4, T 7, T 10, T 13, T 16 = BFY 50, BSY 54 (ITT Intermetall)
T 2, T 3, T 5, T 6, T 8, T 9, T 11, T 12, T 14, T 15, T 17, T 18 = BC 109 C, BC 171 B, BFY 39 III (ITT Intermetall)

T 1 :	C = B 23/L 2,	B = B 22/L 3,	E = B 21/L 2
T 2 :	C = B 23/L 9,	B = B 22/L 10,	E = B 22/L 8
T 3 :	C = B 23/L 15,	B = B 22/L 16,	E = B 22/L 14
T 4 :	C = B 19/L 2,	B = B 18/L 3,	E = B 17/L 2
T 5 :	C = B 19/L 9,	B = B 18/L 10,	E = B 18/L 8
T 6 :	C = B 19/L 15,	B = B 18/L 16,	E = B 18/L 14
T 7 :	C = B 15/L 2,	B = B 14/L 3,	E = B 13/L 2
T 8 :	C = B 15/L 9,	B = B 14/L 10,	E = B 14/L 8
T 9 :	C = B 15/L 15,	B = B 14/L 16,	E = B 14/L 14
T 10 :	C = B 11/L 2,	B = B 10/L 3,	E = B 9 /L 2
T 11 :	C = B 11/L 9,	B = B 10/L 10,	E = B 10/L 8
T 12 :	C = B 11/L 15,	B = B 10/L 16,	E = B 10/L 14
T 13 :	C = B 7 /L 2,	B = B 6 /L 3,	E = B 5 /L 2
T 14 :	C = B 7 /L 9,	B = B 6 /L 10,	E = B 6 /L 8
T 15 :	C = B 7 /L 15,	B = B 6 /L 16,	E = B 6 /L 14
T 16 :	C = B 3 /L 2,	B = B 2 /L 3,	E = B 1 /L 2

T 17 : C = B 3 /L 9, B = B 2 /L 10, E = B 2 /L 8
T 18 : C = B 3 /L 15, B = B 2 /L 16, E = B 2 /L 14

Spulen

L 1 bis L 6 = 240 Windungen 0,15 mm CuL
L 1 = B 21/L 21 – B 22/L 27
L 2 = B 17/L 27 – B 18/L 27
L 3 = B 14/L 21 – B 13/L 27
L 4 = B 9 /L 21 – B 10/L 27
L 5 = B 5 /L 27 – B 6 /L 27
L 6 = B 2 /L 21 – B 1 /L 27

Leiterbahnunterbrechungen

B 2 /L 9, B 2 /L 15,
B 6 /L 9, B 6 /L 15,
B 10/L 9, B 10/L 15,
B 14/L 9, B 14/L 15,
B 18/L 9, B 18/L 15,
B 22/L 9, B 22/L 15

Anschlüsse

Eingänge E 1 bis E 5 = B 4, B 8, B 12, B 16, B 20
– Masse = B 1, B 5, B 9, B 13, B 17, B 21
Ausgänge A 1 bis A 6 = B 3, B 7, B 11, B 15, B 19, B 23

7 Steckbare 4-Kanal-Relaisschaltstufe

Aufbau Bild 33, Schaltung Bild 34

Zur Erweiterung des in Kapitel V, Schaltung 2, beschriebenen 2-Kanal-Empfängers auf insgesamt sechs Kanäle wurde diese 4-Kanal-Relaisschaltstufe geschaffen. Sie ist wie der Empfänger steckbar und hat auch dieselbe Größe.

Die Ansprechfrequenzen dieses Bausteines liegen um 2,9 kHz, 3,4 kHz, 4,7 kHz und 6 kHz. Der Empfänger selbst spricht auf 2,4 kHz und 5,3 kHz an.

Relaisausgänge haben gegenüber Transistor-Ausgängen den Vorteil, daß man mit ihnen auch kompliziertere Schaltfunktionen ausführen kann, weil jedes Relais einen Umschaltkontakt besitzt. Da weiterhin alle Kontakte von der übrigen Schaltung isoliert sind, können verschiedene Stromkreise mit unterschied-

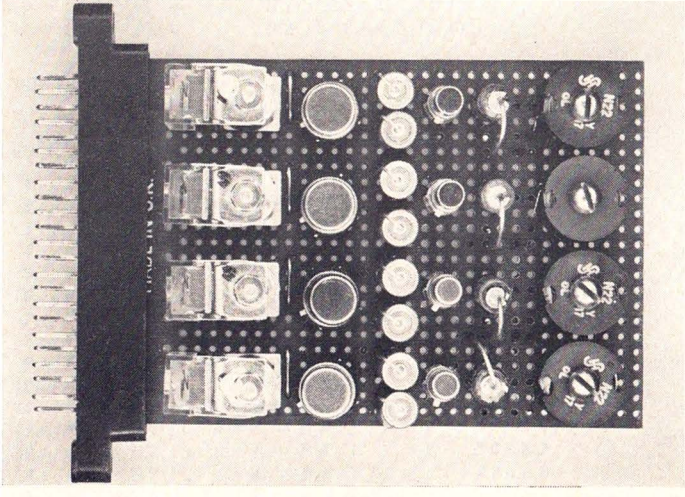
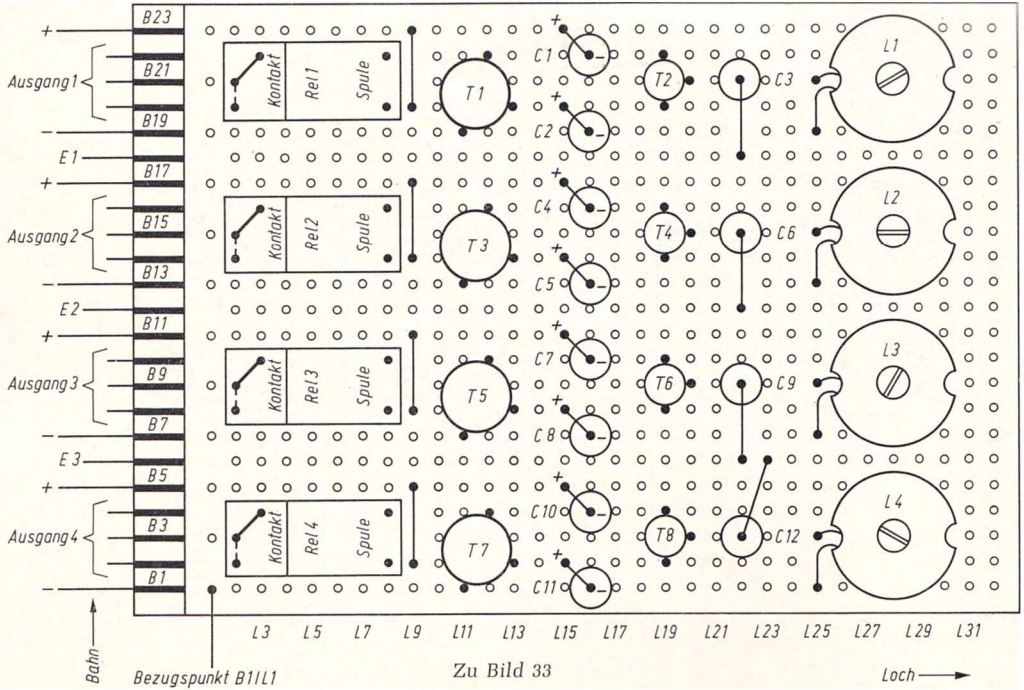


Bild 33. Aufbau der steckbaren 4-Kanal-Relaisschaltstufe


B23
B21
B19
B17
B15
B13
B11
B9
B7
B5
B3
B1
+
Ausgang 1
–
E 1
+
Ausgang 2
–
E 2
+
Ausgang 3
–
E 3
+
Ausgang 4
–
Kontakt
Rel 1
Spule
Kontakt
Rel 2
Spule
Kontakt
Rel 3
Spule
Kontakt
Rel 4
Spule
T 1
T 3
T 5
T 7
T 2
T 4
T 6
T 8
C 1
C 2
C 3
C 4
C 5
C 6
C 7
C 8
C 9
C 10
C 11
C 12
L 1
L 2
L 3
L 4
L 3
L 5
L 7
L 9
L 11
L 13
L 15
L 17
L 19
L 21
L 23
L 25
L 27
L 29
L 31
Bahn
Bezugspunkt B1/L1
Loch

Zu Bild 33

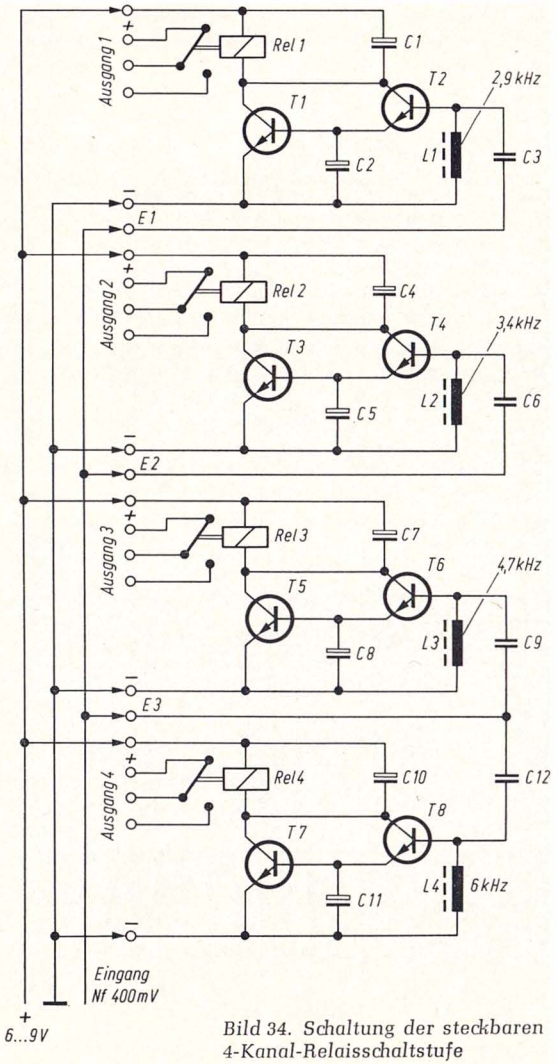


Bild 34. Schaltung der steckbaren 4-Kanal-Relaisschaltstufe

lichen Polaritäten und Potentialen geschaltet werden. Besonders im Schiffsbau sind Relaisausgänge vorteilhaft, einmal, weil hier durchweg höhere Ströme für längere Zeiten geschaltet werden müssen, zum anderen wegen der meist zahlreichen Funktionen.

Schaltung

Die Grundschaltung jedes Kanales entspricht der des Bausteines 4 in Kapitel IV. Alle Kanäle sind galvanisch voneinander getrennt und müssen an der Steckerleiste miteinander verbunden werden.

Die erforderliche Betriebsspannung ist von dem Spulenwiderstand der Relais abhängig. Sie soll bei 300-Ω-Relais etwa 9 V (8 bis 10 V) und bei 175-Ω-Relais etwas 6 V (4,5 bis 7 V) betragen.

Für die Schalttransistoren T 1, T 3, T 5 und T 7 wurden nur aus aufbautechnischen Gründen Typen mit TO-5-Gehäuse verwendet. Es können ebensogut Transistoren mit TO-18-Gehäuse benutzt werden.

Die Stromverstärkung aller Transistoren soll so groß wie möglich sein. Besonders gut eignen sich Transistoren

im TO-5-Gehäuse: BSY 52, BSY 90;

im TO-18-Gehäuse: BC 109 C, BC 108 C, BC 172 C.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Steckkarte M 10
1 Steckerleiste 23polig mit 2,5 mm Kontaktabstand
4 Transistorfassungen für TO 18, dreipolig
4 Transistorfassungen für TO 5, dreipolig
4 Relais 300 Ω, Rel. 957 (Gruner) bzw. 175 Ω, (Grundig-Graupner)
4 Schalenkerne 14 mm Φ x 8 mm, 1100 N 22 o. L. (Siemens)
4 Spulenkörper, 1 Kammer, für Schalenkerne

Kondensatoren

C 1 = 25 µF/15 V	B 22/L 16 – B 23/L 15 +
C 2 = 25 µF/15 V	B 19/L 16 – B 20/L 15 +
C 3 = 33 nF/100 V	B 18/L 22 – B 21/L 22
C 4 = 25 µF/15 V	B 16/L 16 – B 17/L 15 +
C 5 = 25 µF/15 V	B 13/L 16 – B 14/L 15 +
C 6 = 22 nF/100 V	B 12/L 22 – B 15/L 22
C 7 = 25 µF/15 V	B 10/L 16 – B 11/L 15 +
C 8 = 25 µF/15 V	B 7 /L 16 – B 8 /L 15 +
C 9 = 15 nF/100 V	B 6 /L 22 – B 9 /L 22
C 10 = 25 µF/15 V	B 4 /L 16 – B 5 /L 15 +
C 11 = 25 µF/15 V	B 1 /L 16 – B 2 /L 15 +
C 12 = 6,8 nF/100 V	B 3 /L 22 – B 6 /L 23

Transistoren

T 1, T 3, T 5, T 7 = BSY 52, BC 109 C (s. Text) ITT Intermetall
T 2, T 4, T 6, T 8 = BC 109 C, BC 172 C (s. Text) ITT Intermetall

T 1 :	C = B 22/L 12,	B = B 20/L 13,	E = B 19/L 11
T 2 :	C = B 22/L 19,	B = B 21/L 20,	E = B 20/L 19
T 3 :	C = B 16/L 12,	B = B 14/L 13,	E = B 13/L 11
T 4 :	C = B 16/L 19,	B = B 15/L 20,	E = B 14/L 19
T 5 :	C = B 10/L 12,	B = B 8 /L 13,	E = B 7 /L 11
T 6 :	C = B 10/L 19,	B = B 9 /L 20,	E = B 8 /L 19
T 7 :	C = B 4 /L 12,	B = B 2 /L 13,	E = B 1 /L 11
T 8 :	C = B 4 /L 19,	B = B 3 /L 20,	E = B 2 /L 19

Spulen

L 1 bis L 4 = 240 Windungen 0,15 mm CuL
L 1 = B 19/L 25 – B 21/L 25
L 2 = B 13/L 25 – B 15/L 25
L 3 = B 7 /L 25 – B 9 /L 25
L 4 = B 1 /L 25 – B 3 /L 25

Relais

Relaisspule 1 = B 20/L 8 – B 22/L 8
Relaiskontakte 1 = B 20/L 2, B 21/L 2, B 22/L 3

Relaisspule 2	=	B 14/L 8 – B 16/L 8
Relaiskontakte 2	=	B 14/L 2, B 15/L 2, B 16/L 3
Relaisspule 3	=	B 8 /L 8 – B 10/L 8
Relaiskontakte 3	=	B 8 /L 2, B 9 /L 2, B 10/L 3
Relaisspule 4	=	B 2 /L 8 – B 4 /L 8
Relaiskontakte 4	=	B 2 /L 2, B 3 /L 2, B 4 /L 3

Drahtverbindungen B 2 /L 9 – B 5 /L 9, B 8 /L 9 – B 11/L 9,
B 14/L 9 – B 17/L 9, B 20/L 9 – B 23/L 9

Leiterbahnunterbrechungen B 2 /L 5, B 3 /L 5, B 4 /L 5, B 2 /L 10,
B 8 /L 5, B 9 /L 5, B 10/L 5, B 8 /L 10,
B 14/L 5, B 15/L 5, B 16/L 5, B 14/L 10,
B 20/L 5, B 21/L 5, B 22/L 5, B 20/L 10

Anschlüsse

+ 6 bis 9 V	=	B 5, B 11, B 17, B 23
– Masse	=	B 1, B 7, B 13, B 19
Eingang E 1 bis E 3	=	B 6, B 12, B 18
Ausgang 1	=	B 20, B 21, B 22
Ausgang 2	=	B 14, B 15, B 16
Ausgang 3	=	B 8, B 9, B 10
Ausgang 4	=	B 2, B 3, B 4

V Vollständige Empfänger

1 Miniaturempfänger für 27,12 MHz bzw. 40,68 MHz

Aufbau Bild 35, Schaltung Bild 36

Bei diesem Baustein sind Hf-Teil und Nf-Verstärker auf einer nur 67 mm x 32 mm großen Leiterplatte untergebracht. Eine Relaisschaltstufe muß zusätzlich angeschlossen werden. Sie wurde fortgelassen, weil man sie nach den räumlichen Gegebenheiten des Modells entweder über, neben oder hinter dem Empfangsteil anordnen kann.

Es lassen sich alle im Kapitel IV beschriebenen Relais- und relaislosen Schaltstufen aus dem Nf-Ausgang speisen.

Schaltung

Der Hf-Teil, ein Pendler, entspricht in der Schaltung weitgehend dem Baustein 2 in Kapitel II, er enthält aber keine Hf-Vorstufe. Der Schwingkreis kann wahlweise für 27,12 MHz oder 40,68 MHz ausgelegt werden (siehe Stückliste). Während bei der Frequenz von 40,68 MHz eine induktive Antennenankopplung zwingend ist, da der Schwingkreis mit direkter Antennenankopplung zu stark bedämpft würde, kann die Antenne im 27,12-MHz-Bereich direkt an den Kollektor des Transistors T 1 angeschlossen werden. Sie darf dann nicht länger als 70 cm sein.

Die Wahl des Transistors T 1 ist nur bei 40,68-MHz-Betrieb kritisch. Es muß hierfür ein ausgesprochener Hf-Typ verwendet werden. Normale Nf-Transistoren sind nur im 27,12-MHz-Bereich brauchbar.

Der Nf-Teil ist aus der Beschreibung 2, Kapitel III, bekannt.

Zum Aufbau

Obwohl der Empfänger nur kleine Ausmaße hat, wurden normale Widerstände und Kondensatoren verwendet. Die meisten Bauteile mußten daher hochkant eingelötet werden.

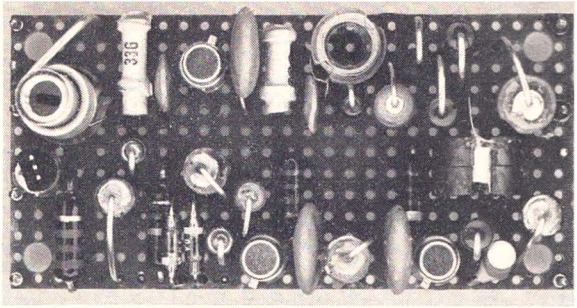
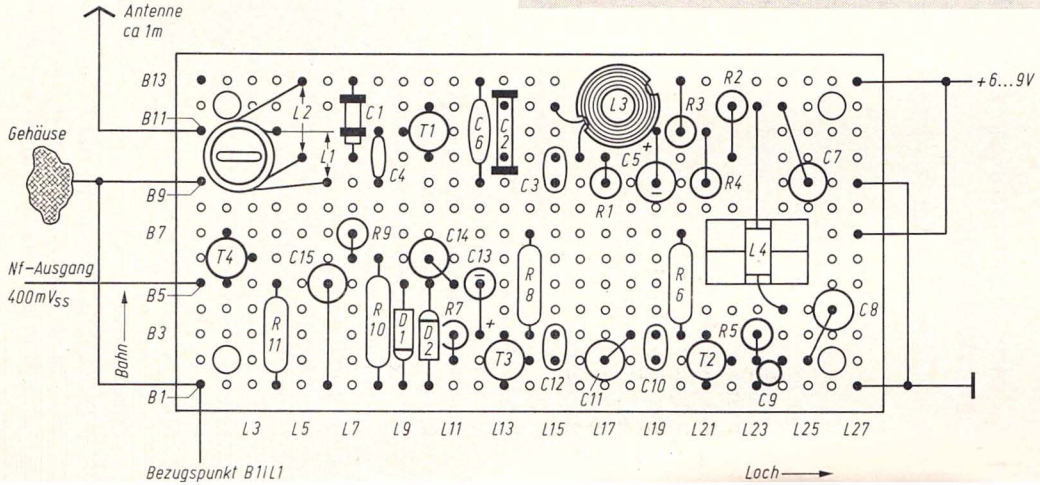


Bild 35. Aufbau des Miniaturempfängers für 27,12 MHz



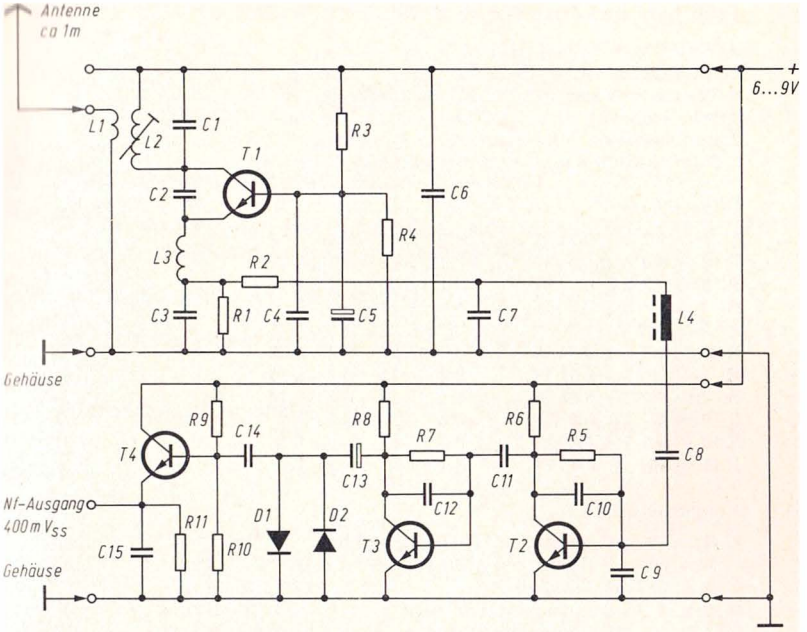


Bild 36. Schaltung des Miniaturempfängers für 27,12 MHz

Die Körper der Spulen L 1 bis L 4 sind mit gutem Klebstoff (zum Beispiel UHU-hart) auf die Leiterplatte zu kleben.

Beim Einlöten der Dioden ist Vorsicht geboten. Sie sind äußerst wärmeempfindlich (da Germanium) und sollten möglichst lange Drähte behalten.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Leiterplatte M 23
Lötstützpunkte nach Bedarf
4 Transistorfassungen für TO 18, dreipolig
1 Schalenkern 11 mm ⌀ x 7 mm, P 11/7, 3 H 1 o. L. (Valvo)
2 Spulenkörper, 1 Kammer, für Schalenkern
1 Stiefelkörper 6 mm ⌀, 25 mm lang mit Kern (rot)

Widerstände

R 1 =	2,2 kΩ/0,25 W	B 9 /L 17 – B 10/L 17
R 2 =	6,8 kΩ/0,5 W	B 10/L 22 – B 12/L 22
R 3 =	4,7 kΩ/0,5 W	B 11/L 20 – B 13/L 20
R 4 =	4,7 kΩ/0,5 W	B 9 /L 21 – B 11/L 21
R 5 =	680 kΩ/0,5 W	B 2 /L 23 – B 3 /L 23
R 6 =	6,8 kΩ/0,25 W	B 3 /L 20 – B 7 /L 20
R 7 =	680 kΩ/0,5 W	B 2 /L 11 – B 3 /L 11
R 8 =	6,8 kΩ/0,25 W	B 3 /L 14 – B 7 /L 14
R 9 =	47 kΩ/0,5 W	B 6 /L 7 – B 7 /L 7
R 10 =	6,8 kΩ/0,5 W	B 1 /L 8 – B 6 /L 8
R 11 =	150 Ω/0,5 W	B 1 /L 4 – B 5 /L 4

Kondensatoren

C 1 =	33 pF, keramisch (40,68 MHz) oder	
	56 pF, keramisch (27,12 MHz)	B 10/L 7 – B 13/L 7
C 2 =	33 pF, keramisch	B 10/L 13 – B 12/L 13
C 3 =	5 nF, keramische Scheibe	B 9 /L 15 – B 10/L 15
C 4 =	5 nF, keramische Scheibe	B 9 /L 8 – B 11/L 8
C 5 =	10 µF/15 V	B 9 /L 19 – B 11/L 19 +
C 6 =	22 nF, keramische Scheibe	B 9 /L 12 – B 13/L 12
C 7 =	47 nF/100 V	B 9 /L 25 – B 12/L 24
C 8 =	0,22 µF/63 V	B 2 /L 25 – B 4 /L 26
C 9 =	4,7 nF, keramische Perle	B 1 /L 23 – B 2 /L 24
C 10 =	1,5 nF, keramische Scheibe	B 2 /L 19 – B 3 /L 19
C 11 =	0,22 µF/63 V	B 2 /L 17 – B 3 /L 18
C 12 =	1,5 nF, keramische Scheibe	B 2 /L 15 – B 3 /L 15
C 13 =	2 µF/15 V	B 5 /L 12 – B 3 /L 12 +
C 14 =	0,22 µF/63 V	B 6 /L 10 – B 5 /L 11
C 15 =	0,22 µF/63 V	B 1 /L 6 – B 5 /L 6

Dioden

D 1 =	Germaniumdiode OA 90	B 5 /L 9 – B 1 /L 9 +
D 2 =	Germaniumdiode OA 90	B 1 /L 10 – B 5 /L 10 +

Transistoren

T 1 = BFY 19, BSY 19, 2 N 708 (ITT Intermetall)
C = B 10/L 10, B = B 11/L 9, E = B 12/L 10

T 2, T 3, T 4 = BC 109 C, BC 171 B, BC 172 C, BFY 39 III
(ITT Intermetall)

T 2 :	C = B 3 /L 21,	B = B 2 /L 22,	E = B 1 /L 21
T 3 :	C = B 3 /L 13,	B = B 2 /L 14,	E = B 1 /L 13
T 4 :	C = B 7 /L 2,	B = B 6 /L 3,	E = B 5 /L 2

Spulen

L 1 = 3 Windungen 0,3 mm CuL in L 2 gewickelt
B 9 /L 6 – B 11/L 4

L 2 = 8 Windungen 1 mm Cu versilbert (40,68 MHz) oder
11 Windungen 1 mm Cu versilbert (27,12 MHz)
B 10/L 5 – B 13/L 5

L 3 = 50 Windungen Hf-Litze 6 x 0,07 mm auf 5-mm-Körper
B 10/L 16 – B 12/L 15

L 4 = 100 Windungen 0,2 mm CuL auf Schalenkern
B 4 /L 24 – B 12/L 23

Leiterbahnunterbrechungen B 2 /L 18, B 3 /L 17, B 4 /L 20, B 5 /L 8, B 6 /L 12, B 10/L 14, B 11/L 5, B 12/L 18

Anschlüsse

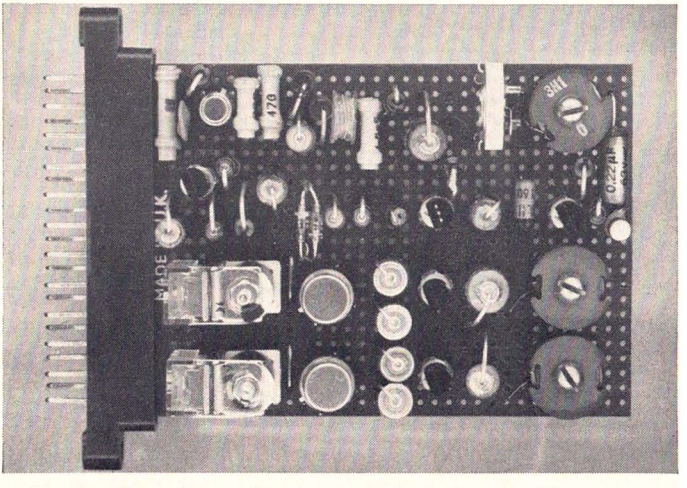
+ 6 bis 9 V = B 7 /L 27 und B 13/L 27
– Masse = B 1 /L 27, B 9 /L 27, B 1 /L 1 und B 9 /L 1
Antenne = B 11/L 1
Nf-Ausgang = B 5 /L 1

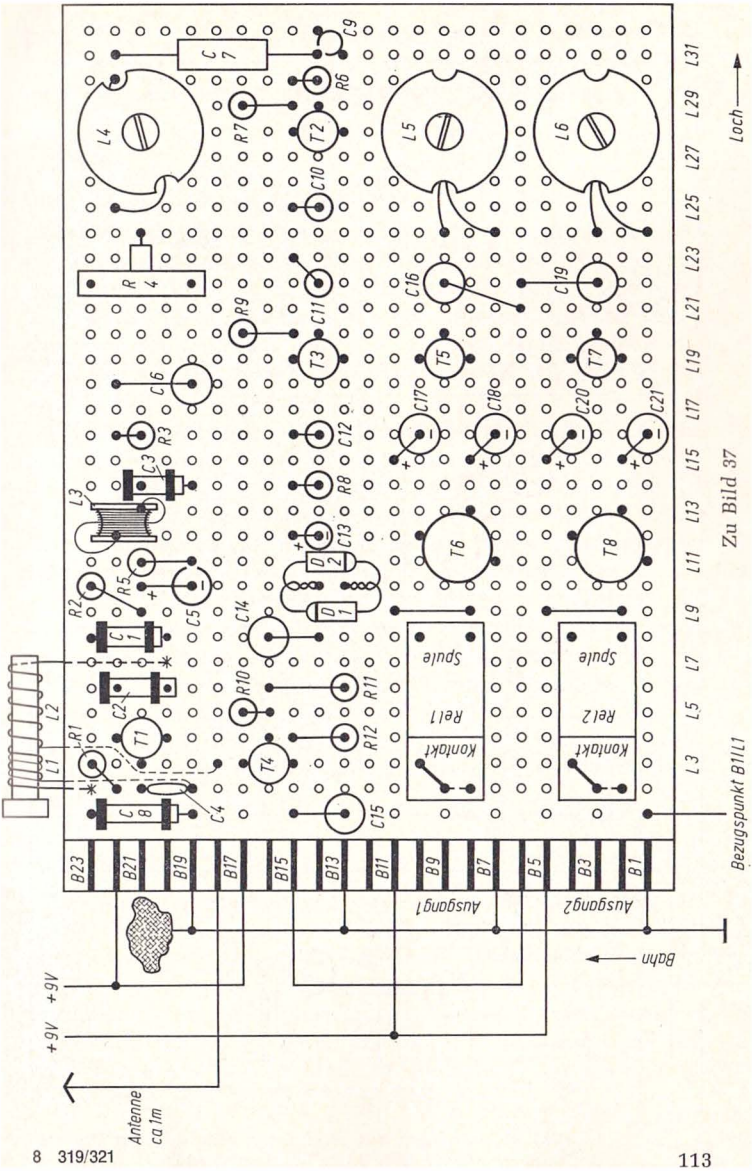
2 Steckbarer 2-Kanal-Empfänger für 27,12 MHz oder 40,68 MHz

Aufbau Bild 37, Schaltung Bild 38

Ein Empfänger für größere Schiffsmodelle kann ohne weiteres steckbar ausgeführt sein. Auf diese Weise ist ein leichtes Austauschen des Empfängers möglich, und er kann für mehrere Modelle verwendet werden. Darüber hinaus verhindert ein senkrechter Einbau der Steckkarte in das Modell, daß der Empfänger bei eventuell eindringendem Wasser gleich naß wird. Passiert einem dennoch ein solches Malheur, so kann die Steckkarte einfach abgezogen und bei milder Backofentemperatur (nicht über 60 °C!) getrocknet werden.

Der Empfänger hat zwei eingebaute Relaisschaltstufen, mit denen entweder eine Zweikanal-Rudermaschine oder ein Schrittschaltwerk für den Motor und eine Einkanal-Rudermaschine ge-


MADE IN U.K.
470
3H
10
10
10


L4
L5
L6
C7
C9
R6
R7
T2
C10
R4
R9
C11
T3
C16
T5
C19
T7
C6
R3
C3
L3
R5
R2
C1
C5
C14
C12
R8
C13
D2
D1
C17
C18
C20
C21
T6
T8
L2
L1
R1
C2
T1
R10
T4
R11
R12
C15
C8
C4
Spule
Kontakt
Rel 1
Rel 2
L3 L5 L7 L9 L11 L13 L15 L17 L19 L21 L23 L25 L27 L29 L31
B23 B21 B19 B17 B15 B13 B11 B9 B7 B5 B3 B1
Loch
Zu Bild 37
Bezugspunkt B1L1
Ausgang1
Ausgang2
Bahn
+9V
+9V
Antenne
ca 1m

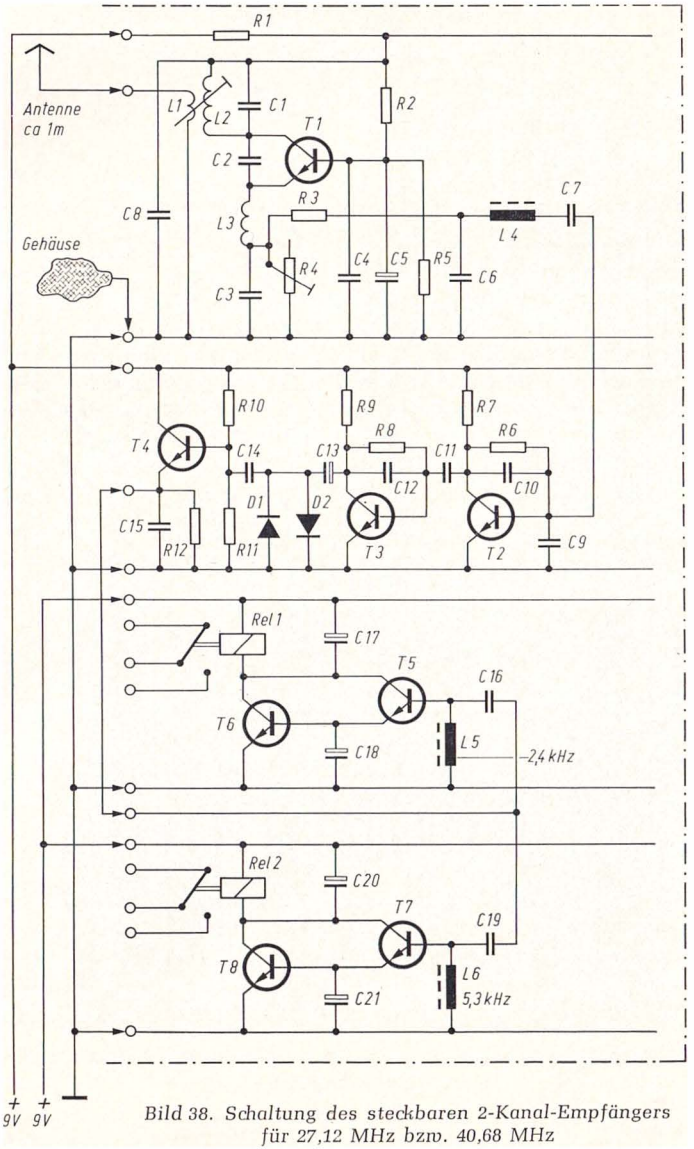


Bild 38. Schaltung des steckbaren 2-Kanal-Empfängers für 27,12 MHz bzw. 40,68 MHz

steuert werden können. Wenn die beiden Kanäle nicht ausreichen, dann kann man die in Kapitel IV, Schaltung 7, beschriebene 4-Kanal-Relaisschaltstufe zusätzlich anschließen.

Schaltung

Die Steckkarte hat insgesamt 23 Leiterbahnen. Davon entfallen auf den Hf-Teil sechs, auf den Nf-Verstärker fünf und auf die beiden Relaisschaltstufen je fünf Leiterbahnen. Der mechanische Aufbau gleicht im wesentlichen dem Aufbau des Schaltbildes. Wir erhalten also vier Einzelstufen, von denen jede für sich funktionstüchtig ist. Das Abwandeln einer einzigen Stufe nach eigenem Ermessen zerstört daher nicht das Gesamt-Konzept des Empfängers.

Der Hf-Teil ist ein Pendler in üblicher Schaltungstechnik. Wegen des vorhandenen Platzes könnte für den Emitterwiderstand R 4 ein Einstellregler verwendet werden. An ihm lassen sich Pendelfrequenz und Arbeitspunkt des Transistors T 1 gleichzeitig so verändern, daß bei fast jedem Transistorexemplar der Punkt bester Betriebsbedingungen gefunden werden kann.

Welche Empfangsfrequenz man wählt ist lediglich von der Dimensionierung des Schwingkreises abhängig (siehe Stückliste). Die Antennenankopplung erfolgt grundsätzlich induktiv. Diese Ankoppelart verstimmt den Schwingkreis am wenigsten, wenn die Antenne einmal naß werden sollte.

Dem Pendler sind ein Nf-Verstärker gemäß Schaltung 2, Kapitel III, und zwei Relaisschaltstufen entsprechend Schaltung 4, Kapitel IV, nachgeschaltet.

Besonderes zum Aufbau

Die Schwingkreisspule (L 1 und L 2) ist nicht auf der Leiterplatte, sondern freitragend in Längsrichtung mit den Leiterbahnen hinter der Leiterplatte angebracht. Diese Anordnung ermöglicht es, den senkrecht eingebauten Empfänger von oben abzustimmen (lange Kunststoffnadel). L 1 und L 2 sind auf einen 7-mm-Stiefelkörper gewickelt und mit UHU-plus versiegelt. Die Anschlußpunkte für L 2 sind als Sternchen, die von L 1 als Punkte dargestellt (siehe Verdrahtungsplan).

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Steckkarte M 10
1 Steckerleiste 23polig mit 2,5 mm Kontaktabstand
6 Transistorfassungen für TO 18, dreipolig
2 Transistorfassungen für TO 5, dreipolig
2 Relais 300 Ω, Rel. 957 (Gruner)
3 Schalenkerne 14 mm Φ x 8 mm, 1100 N 22 o. L. (Siemens)
3 Spulenkörper, 1 Kammer, für Schalenkerne
1 Spulenkörper 5 mm Φ für Hf-Drossel L 3
1 Stiefelkörper 7 mm Φ mit Kern (rot)

Widerstände

R 1 = 15 kΩ/0,5 W	B 22/L 2 – B 23/L 3
R 2 = 8,2 kΩ/0,5 W	B 21/L 9 – B 23/L 10
R 3 = 6,8 kΩ/0,5 W	B 21/L 16 – B 22/L 16
R 4 = 10 kΩ lin. Einstellregler	B 19/L 22, B 21/L 24, B 23/L 22
R 5 = 8,2 kΩ/0,5 W	B 19/L 11 – B 21/L 11
R 6 = 680 kΩ/0,5 W	B 14/L 30 – B 15/L 30
R 7 = 6,8 kΩ/0,5 W	B 15/L 29 – B 17/L 29
R 8 = 680 kΩ/0,5 W	B 14/L 14 – B 15/L 14
R 9 = 6,8 kΩ/0,5 W	B 15/L 20 – B 17/L 20
R 10 = 47 kΩ/0,5 W	B 16/L 5 – B 17/L 5
R 11 = 6,8 kΩ/0,5 W	B 13/L 6 – B 16/L 6
R 12 = 150 Ω/0,5 W	B 13/L 4 – B 15/L 4

Kondensatoren

C 1 = 33 pF, keramisch für 40,68 MHz	
56 pF, keramisch für 27,12 MHz	B 20/L 8 – B 23/L 8
C 2 = 33 pF, keramisch	B 20/L 6 – B 22/L 6
C 3 = 1,5 nF, keramisch	B 19/L 14 – B 21/L 14
C 4 = 5 nF, keramische Scheibe	B 19/L 2 – B 21/L 2
C 5 = 10 µF/15 V	B 19/L 10 – B 21/L 10 +
C 6 = 47 nF/100 V	B 19/L 18 – B 22/L 18
C 7 = 0,22 µF/63 V	B 14/L 31 – B 22/L 31
C 8 = 4,7 nF, keramisch	B 19/L 1 – B 23/L 1
C 9 = 4,7 nF, keramische Perle	B 13/L 31 – B 14/L 32
C 10 = 1,5 nF/100 V	B 14/L 25 – B 15/L 25
C 11 = 0,22 µF/63 V	B 14/L 22 – B 15/L 23
C 12 = 1,5 nF/100 V	B 14/L 16 – B 15/L 16
C 13 = 2 µF/15 V	B 14/L 12 – B 15/L 12 +
C 14 = 0,22 µF/63 V	B 14/L 8 – B 16/L 8
C 15 = 0,22 µF/63 V	B 13/L 1 – B 15/L 1
C 16 = 47 nF/100 V	B 6 /L 21 – B 9 /L 22
C 17 = 25 µF/15 V	B 10/L 16 – B 11/L 15 +
C 18 = 25 µF/15 V	B 7 /L 16 – B 8 /L 15 +
C 19 = 10 nF/100 V	B 3 /L 22 – B 6 /L 22

C 20 = 25 µF/15 V B 4 /L 16 – B 5 /L 15 +
C 21 = 25 µF/15 V B 1 /L 16 – B 2 /L 15 +

Transistoren

T 1 = BFY 19, BSY 19, 2 N 708 (ITT Intermetall)
C = B 20/L 4, B = B 21/L 3, E = B 22/L 4
T 2, T 3, T 4, T 5, T 7 = BC 109 C, BC 171 B, BFY 39 III (ITT Intermetall)
T 2 : C = B 15/L 28, B = B 14/L 29, E = B 13/L 28
T 3 : C = B 15/L 19, B = B 14/L 20, E = B 13/L 19
T 4 : C = B 17/L 3, B = B 16/L 4, E = B 15/L 3
T 5 : C = B 10/L 19, B = B 9 /L 20, E = B 8 /L 19
T 6 = BSY 52, BSY 54 (ITT Intermetall)
C = B 10/L 12, B = B 8 /L 13, E = B 7 /L 11
T 7 : C = B 4 /L 19, B = B 3 /L 20, E = B 2 /L 19
T 8 = BSY 52, BSY 54 (ITT Intermetall)
C = B 4 /L 12, B = B 2 /L 13, E = B 1 /L 11

Dioden

D 1 = Germaniumdiode OA 90 B 13/L 10 – B 14/L 10 +
D 2 = Germaniumdiode OA 90 B 14/L 10 – B 13/L 10 +

Spulen

L 1 = 3 Windungen 0,3 mm CuL in L 2 gewickelt
B 18/L 3 – B 19/L 2
L 2 = 7 Windungen 1 mm Cu versilbert für 40,68 MHz oder
9 Windungen 1 mm Cu versilbert für 27,12 MHz
Anschlüsse an der Rückseite (Stern) B 20/L 7 – B 23/L 3
L 3 = 50 Windungen Hf-Litze 6 x 0,07 mm auf 5-mm-Körper
B 22/L 12 – B 21/L 13
L 4 = 100 Windungen 0,2 mm CuL B 22/L 25 – B 22/L 30
L 5 = 240 Windungen 0,15 mm CuL B 7 /L 24 – B 9 /L 24
L 6 = 240 Windungen 0,15 mm CuL B 1 /L 24 – B 3 /L 24

Relais

Relaisspule 1 = B 8/L 8 – B 10/L 8
Relaiskontakte 1 = B 8/L 2, B 9/L 2, B 10/L 3
Relaisspule 2 = B 2/L 8 – B 4 /L 8
Relaiskontakte 2 = B 2/L 2 B 3/L 2, B 4 /L 3

Drahtverbindungen B 2/L 9 – B 5 /L 9, B 8/L 9 – B 11/L 9

Leiterbahnunterbrechungen B 2 /L 5, B 2 /L 10, B 3 /L 5, B 4 /L 5, B 8 /L 5, B 8 /L 10, B 9 /L 5, B 10/L 5, B 14/L 13, B 14/L 23, B 15/L 11, B 15/L 21, B 16/L 13, B 18/L 4, B 20/L 9, B 21/L 12, B 22/L 3, B 22/L 13, B 22/L 26, B 23/L 20

Anschlüsse

+ 9 V für Hf- und Nf-Teil	= Bahn 17 und 22
+ 9 V für Relaisschaltstufen	= Bahn 5 und 11
– Masse	= Bahn 1, 7, 13 und 19
Antenne	= Bahn 18
Ausgang 1	= Bahn 8, 9 und 10
Ausgang 2	= Bahn 2, 3 und 4

3 Steckbarer 1-Kanal-Empfänger für 40,68 MHz mit getrenntem Pendeloszillator

Aufbau Bild 39, Schaltung Bild 40

Wir haben in Kapitel II, Schaltung 3, bereits einen Empfänger mit getrenntem Pendeloszillator kennengelernt und die Vorteile solch einer Schaltung besprochen.

Eine ähnliche Variante soll hier als kompletter Empfänger gezeigt werden. Der Baustein enthält nur eine Relaisschaltstufe, er kann jedoch mit den ebenfalls steckbaren 4- bzw. 6-Kanal-Relaisschaltstufen des Kapitels IV, Schaltung 6 und 7, auf fünf beziehungsweise sieben Kanäle erweitert werden.

Schaltung

Auf der Steckkarte sind die vier Teilschaltungen: Pendeloszillator, Hf-Teil, Nf-Verstärker und Relaisschaltstufe als selbständige Stufen untergebracht.

Der Pendeloszillator ist mit einem Unijunktion-Transistor bestückt und schwingt auf etwa 50 kHz. Seine genaue Frequenz läßt sich mit dem Einstellregler R 7 einstellen. Das Sägezahnsignal am Emitter T 2 wird über die Diode D 1 auf die Impedanzwandlerstufe T 1 gegeben. Am Emitter T 1 entsteht nun eine ausreichend belastbare Sägezahnspannung, die ohne Rückwirkungen auf den Pendeloszillator ausgekoppelt werden kann. Mit dem Spannungsteiler R 2/R 3 wird die für den Hf-Teil günstigste Amplitude von etwa 1,8 V_{SS} (siehe Impulsbild) gewonnen.

Der Hf-Teil ist im Grunde ein Oszillator in Basisschaltung beziehungsweise eine Pendelschaltung ohne Emitter-RC-Glied. Der Kollektorstrom in T 3 wird mit der an die Basis T 3 gelangenden Sägezahnspannung gesteuert. Ist die Sägezahnspannung nahezu Null, so ist T 3 stromlos, ist sie am höchsten, dann schwingt T 3. Zwischen beiden Basispotentialen liegt der Punkt größter Empfangsempfindlichkeit.

Das Nf-Signal wird im Kollektorkreis T 3 ausgekoppelt. Es gelangt zunächst über ein Tiefpaßfilter R 10/C 7 und dann an einen 50-kHz-Saugkreis. Der Saugkreis ist äußerst wichtig. Wegen der relativ niedrigen Pendelfrequenz um 50 kHz kann das Tiefpaßfilter allein keine ausreichende Unterdrückung der Pendelfrequenz bewirken. Erst durch genaues Abstimmen der Pendelfrequenz (an R 7) auf die tatsächliche Frequenz des Saugkreises wird eine gute Säuberung der Nf-Nutzspannung erreicht. Da der Pendeloszillator äußerst stabil arbeitet und sich auch bei abweichender Batteriespannung *nicht* in der Frequenz ändert, bleibt der Abgleich für lange Zeit erhalten.

Das Nf-Signal gelangt nun über den Kondensator C 9 auf den Nf-Verstärker. Der Rest der Schaltung ist aus Kapitel III, Schaltung 2, sowie aus Kapitel IV, Schaltung 4, bekannt.

Betriebserfahrungen

Es fiel angenehm auf, daß der Empfänger weit weniger auf benachbarte Störsender anspricht als selbstschwingende Pend-

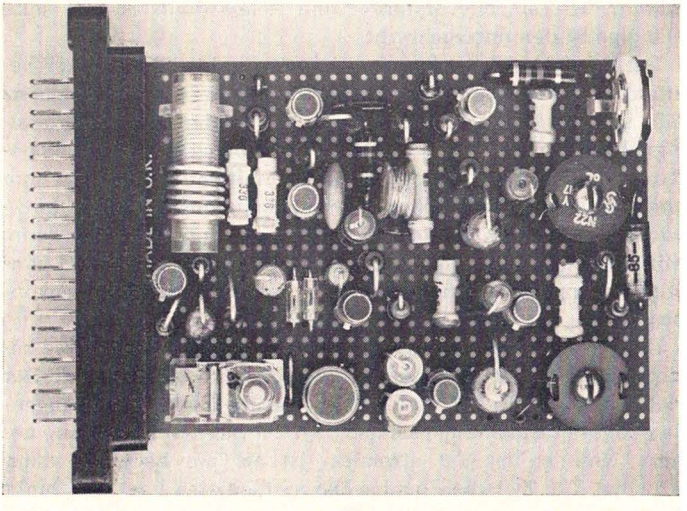
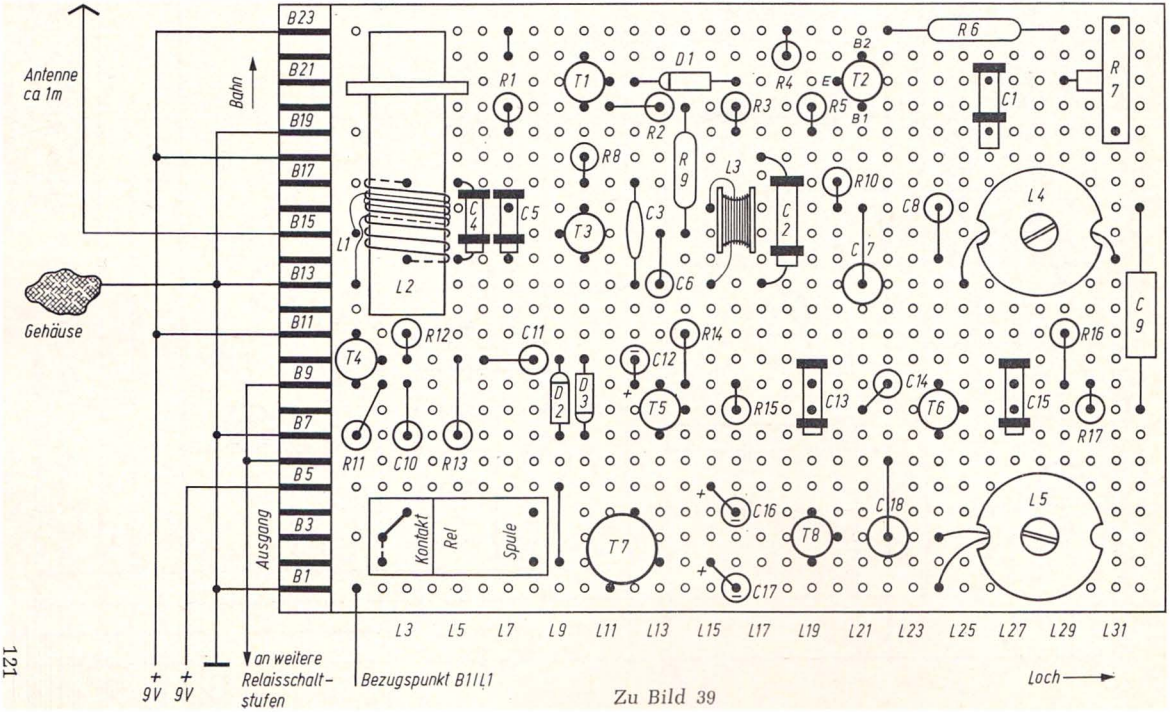


Bild 39. Aufbau des steckbaren 1-Kanal-Empfängers für 40,68 MHz


Antenne
ca 1m
Bahn
Gehäuse
B23
B21
B19
B17
B15
B13
B11
B9
B7
B5
B3
B1
Ausgang
L1
L2
R1
T1
D1
R4
T2
B2
E
B1
R6
R7
C1
R2
R3
R5
R8
R9
L3
R10
C4
C5
T3
C3
C2
C8
L4
C7
C6
R12
C11
R14
R16
C9
T4
C12
D2
D3
T5
R15
C13
C14
T6
C15
R11
C10
R13
R17
C16
C18
L5
Kontakt
Rel
Spule
T7
T8
C17
L3 L5 L7 L9 L11 L13 L15 L17 L19 L21 L23 L25 L27 L29 L31
+ 9V
+ 9V
an weitere
Relaisschalt-
stufen
Bezugspunkt B1/L1
Loch

Zu Bild 39

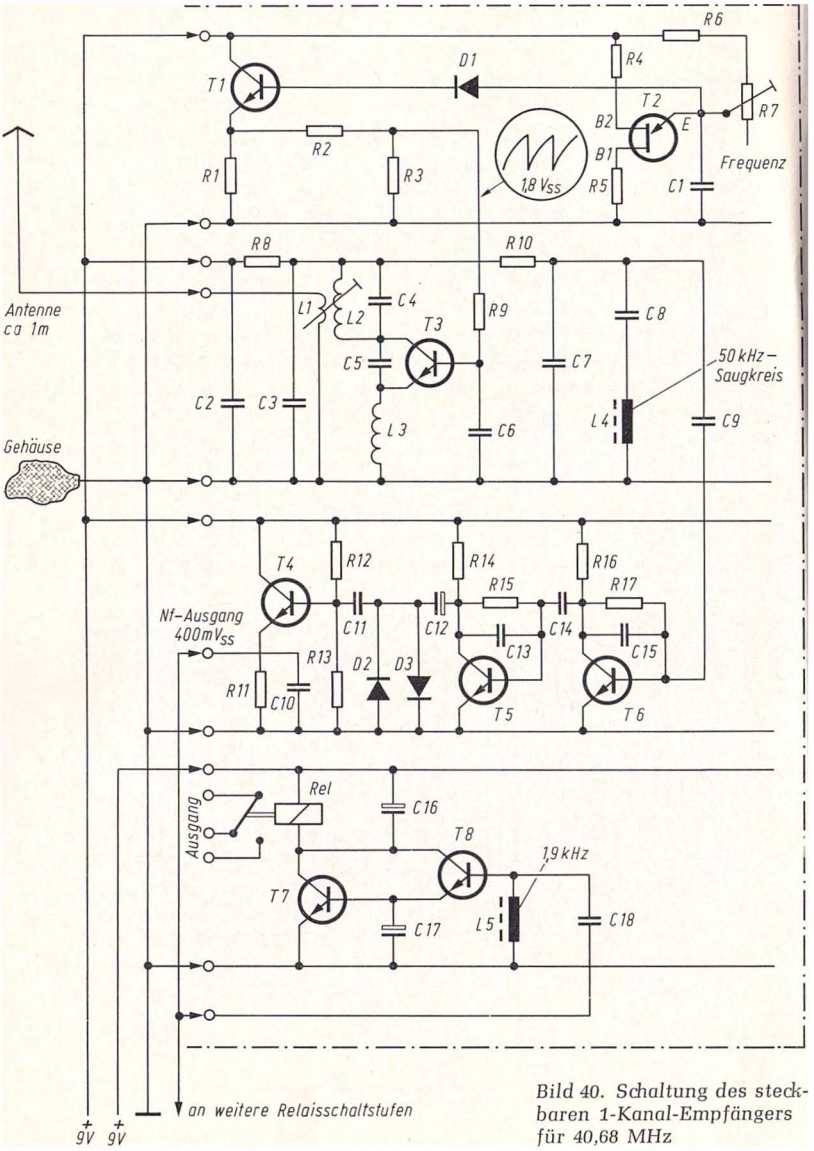


Bild 40. Schaltung des steckbaren 1-Kanal-Empfängers für 40,68 MHz

ler. Empfindlichkeit und Trennschärfe waren ausgezeichnet. Durch die induktive Antennenankopplung wurde keinerlei Handempfindlichkeit festgestellt.

Sollte aus einbautechnischen Gründen ein Abgleich des Schwingkreises von oben nötig sein, so kann die Spule (L 1, L 2) wie beim vorstehenden Baustein an der Rückseite der Steckkarte angelötet werden.

Stückliste und Lage der Bauteile siehe nächste Seite.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Steckkarte M 10
1 Steckerleiste 23polig mit 2,5 mm Kontaktabstand
7 Transistorfassungen für TO 18, dreipolig
1 Transistorfassung für TO 5, dreipolig
1 Relais 300 Ω, Rel. 957 (Gruner)
2 Schalenkerne 14 mm ⌀ x 8 mm 1100 N 22 o. L. (Siemens)
2 Spulenkörper für Schalenkerne
1 Spulenkörper für Hf-Drossel 5 mm ⌀
1 Stiefelkörper 7 mm ⌀ mit Kern (rot)

Widerstände

R 1 = 470 Ω/0,5 W	B 19/L 7 – B 20/L 7
R 2 = 2,7 kΩ/0,5 W	B 20/L 11 – B 20/L 13
R 3 = 1,2 kΩ/0,5 W	B 19/L 16 – B 20/L 16
R 4 = 270 Ω/0,5 W	B 22/L 18 – B 23/L 18
R 5 = 47 Ω/0,5 W	B 19/L 19 – B 20/L 19
R 6 = 4,7 kΩ/0,5 W	B 23/L 22 – B 23/L 29
R 7 = 10 kΩ lin. Einstellregler	B 19/L 31, B 21/L 29, B 23/L 31
R 8 = 8,2 kΩ/0,5 W	B 17/L 10 – B 18/L 10
R 9 = 47 Ω/0,5 W	B 15/L 14 – B 20/L 14
R 10 = 6,8 kΩ/0,5 W	B 16/L 20 – B 17/L 20
R 11 = 150 Ω/0,5 W	B 7 /L 1 – B 9 /L 2
R 12 = 47 kΩ/0,5 W	B 10/L 3 – B 11/L 3
R 13 = 6,8 kΩ/0,5 W	B 7 /L 5 – B 10/L 5
R 14 = 6,8 kΩ/0,5 W	B 9 /L 14 – B 11/L 14
R 15 = 680 kΩ/0,5 W	B 8 /L 16 – B 9 /L 16
R 16 = 6,8 kΩ/0,5 W	B 9 /L 29 – B 11/L 29
R 17 = 680 kΩ/0,5 W	B 8 /L 30 – B 9 /L 30

Kondensatoren

C 1 = 1,5 nF, keramisch	B 19/L 26 – B 21/L 26
C 2 = 4,7 nF, keramisch	B 13/L 17 – B 18/L 17
C 3 = 22 nF, keramische Scheibe	B 13/L 12 – B 17/L 12
C 4 = 33 pF, keramisch	B 14/L 5 – B 17/L 5
C 5 = 33 pF, keramisch	B 14/L 7 – B 16/L 7
C 6 = 470 pF, keramisch	B 13/L 13 – B 15/L 13
C 7 = 47 nF/100 V	B 13/L 21 – B 16/L 21
C 8 = 3,3 nF/100 V	B 14/L 24 – B 16/L 24
C 9 = 0,22 µF/63 V	B 8 /L 32 – B 16/L 32
C 10 = 0,22 µF/63 V	B 7 /L 3 – B 9 /L 3
C 11 = 0,22 µF/63 V	B 10/L 6 – B 10/L 8
C 12 = 2 µF/15 V	B 10/L 12 – B 9 /L 12 +
C 13 = 1,5 nF, keramisch	B 8 /L 19 – B 9 /L 19
C 14 = 0,22 µF/63 V	B 8 /L 21 – B 9 /L 22
C 15 = 1,5 nF, keramisch	B 8 /L 27 – B 9 /L 27

C 16 = 25 µF/15 V	B 4 /L 16 – B 5 /L 15 +
C 17 = 25 µF/15 V	B 1 /L 16 – B 2 /L 15 +
C 18 = 4,7 nF/400 V	B 3 /L 22 – B 6 /L 22

Transistoren

T 1, T 4, T 5, T 6, T 8 = BC 109 C, BC 171 B, BFY 39 III (ITT Intermetall)
T 2 = Unijunktion-Transistor 2 N 2646, 2 N 2647 (Ditratherm)
T 3 = BFY 19, BSY 19, 2 N 708 (ITT Intermetall)
T 7 = BSY 52, BSY 54 (ITT Intermetall)

T 1 :	C = B 22/L 10,	B = B 21/L 11,	E = B 20/L 10
T 2 :	B 1 = B 20/L 21,	B 2 = B 22/L 21,	E = B 21/L 20
T 3 :	C = B 14/L 10,	B = B 15/L 9,	E = B 16/L 10
T 4 :	C = B 11/L 1,	B = B 10/L 2,	E = B 9 /L 1
T 5 :	C = B 9 /L 13,	B = B 8 /L 14,	E = B 7 /L 13
T 6 :	C = B 9 /L 24,	B = B 8 /L 25,	E = B 7 /L 24
T 7 :	C = B 4 /L 12,	B = B 2 /L 13,	E = B 1 /L 11
T 8 :	C = B 4 /L 19,	B = B 3 /L 20,	E = B 2 /L 19

Dioden

D 1 = Siliziumdiode BAY 17 (ITT Intermetall)	B 21/L 16 – B 21/L 13 +
D 2 = Germaniumdiode OA 90	B 7 /L 9 – B 10/L 9 +
D 3 = Germaniumdiode OA 90	B 10/L 10 – B 7 /L 10 +

Spulen

L 1 = 2 Windungen 0,3 mm CuL in L 2 gewickelt	B 13/L 1 – B 15/L 1
L 2 = 6 Windungen 1 mm Cu versilbert	B 14/L 3 – B 17/L 3
L 3 = 50 Windungen Hf-Litze 6 x 0,07 mm auf 5-mm-Körper	B 13/L 15 – B 16/L 15
L 4 = 50 Windungen 0,3 mm CuL	B 13/L 25 – B 14/L 31
L 5 = 750 Windungen 0,08 mm CuL	B 1 /L 24 – B 3 /L 24

Relais

Relaisspule	B 2/L 8 – B 4/L 8		
Relaiskontakte	B 2/L 2,	B 3/L 2,	B 4/L 3

Drahtverbindung B 2/L 9 – B 5/L 9

Leiterbahnunterbrechungen B 2 /L 5, B 2 /L 10, B 3 /L 5, B 4 /L 5, B 8 /L 5, B 8 /L 23, B 9 /L 10, B 9 /L 20, B 10/L 7, B 14/L 12, B 15/L 2, B 15/L 8, B 15/L 16, B 16/L 16, B 19/L 29, B 20/L 12, B 20/L 17, B 21/L 15, B 22/L 15, B 23/L 26

Anschlüsse

+ 9 V für Hf- und Nf-Teil	= Bahn 11, 18, 23
+ 9 V für Relaisschaltstufen	= Bahn 5
– Masse	= Bahn 1, 7, 13, 19
Antenne	= Bahn 15
Ausgang	= Bahn 2, 3, 4

Kombinationen und Stromversorgung der Empfänger-Bausteine

Viele der in den Kapiteln I bis V beschriebenen Bausteine lassen sich untereinander kombinieren, einige jedoch nur unter bestimmten Voraussetzungen. Damit bei der Auswahl der Bausteine keine grundsätzlichen Fehler gemacht werden können, soll ein kurzer Überblick anhand von Blockschaltbildern gegeben werden.

Sehr wesentlich ist die Stromversorgung der Bausteine. Es sind immer und auf jeden Fall zwei Batterien erforderlich. Mit einer werden ausschließlich der Hf- und Nf-Teil eines Empfängers zusammen gespeist. Die Spannung kann meist zwischen 6 und 9 Volt liegen (Angaben am Baustein beachten). Die zweite Batterie speist alle Relaisschaltstufen und die Rudermaschine(n). Der Betrieb sämtlicher Stufen einschließlich Rudermaschinen aus einer einzigen Batterie ist nicht möglich. Es besteht dann die Gefahr, daß der Nf-Verstärker zu „blubbern" beginnt, eine Erscheinung, deren Ursache in einer galvanischen Verkopplung zwischen Nf-Eingangsstufe und Relaisschaltstufe liegt.

Damit Relaisschaltstufen und Rudermaschinen mit einer Spannung betrieben werden können, sind die Rudermaschinen für die Betriebsspannung der Relaisschaltstufen auszulegen. Dies gilt aber nur für Schaltstufen mit Relaisausgang. Ist die Motorspannung der Rudermaschinen kleiner als die der Relaisschaltstufen, so kann die Spannungsdifferenz mit Glühlämpchen ausgeglichen werden, die in die Zuleitungen der Rudermaschinen zu legen sind.

Für Schaltstufen mit Transistorausgang, wie die Bausteine 5 und 6 in Kapitel IV, wurden bereits genaue Angaben über die Stromversorgung gemacht.

Ob man Batterien oder Akkumulatoren verwenden will, liegt im Ermessen des Lesers. Alle Empfänger haben nur eine Stromaufnahme von wenigen mA, so daß zumindest hierfür die kleinen 9-V-Energieblocks (Varta Nr. 438) verwendet werden können. Zur Speisung der Rudermaschinen ist ein Akkumulator

besser geeignet, doch auch Flachbatterien und Monozellen sind brauchbar.

Bausteinkombinationen

Die nachstehenden Kombinationsvorschläge gliedern sich in
Abhör- bzw. Prüfempfänger,
Empfänger für den Heimgebrauch,
Empfänger für Modelle.

1. *Abhör- bzw. Prüfempfänger*

a) Hf-Teil = Baustein I. 1.
Nf-Verstärker = Baustein III. 3.
Ausgang an Kopfhörer
Mit diesem Empfänger können tonmodulierte Sender im Umkreis von 10 m abgehört werden.

b) Hf-Teil = Baustein I. 2.
Nf-Verstärker = Baustein III. 1. oder III. 2.
Ausgang an Kopfhörer
Die Kombination gestattet ein Einhören von tonmodulierten Sendern im Umkreis von 25 m.

c) Hf-Teil = Baustein II. 1., II. 2. oder II. 3.
Nf-Verstärker = Baustein III. 1. oder III. 2.
Ausgang an Kopfhörer
Der Empfänger erlaubt ein Abhören des 27,12-MHz-Bandes auf Störungen bzw. Belebungen.

2. *Empfänger für den Heimgebrauch*

a) Hf-Teil = Baustein I. 1. oder I. 2.
Nf-Verstärker = Baustein III. 3.
Schaltstufe = Baustein IV. 1., IV. 3. oder IV. 4.
Mit diesem Empfänger lassen sich mit einem tonmodulierten Sender Entfernungen bis zu 15 m überbrücken. Es ist nur 1-Kanal-Betrieb möglich.

b) Hf-Teil = Baustein I. 3.
Nf-Verstärker = Baustein III. 2.
Schaltstufe = Baustein IV. 3. oder IV. 4.
Die Reichweite dieses Empfängers beträgt mehr als 100 m. Er ist besonders für fotografische Zwecke geeignet.

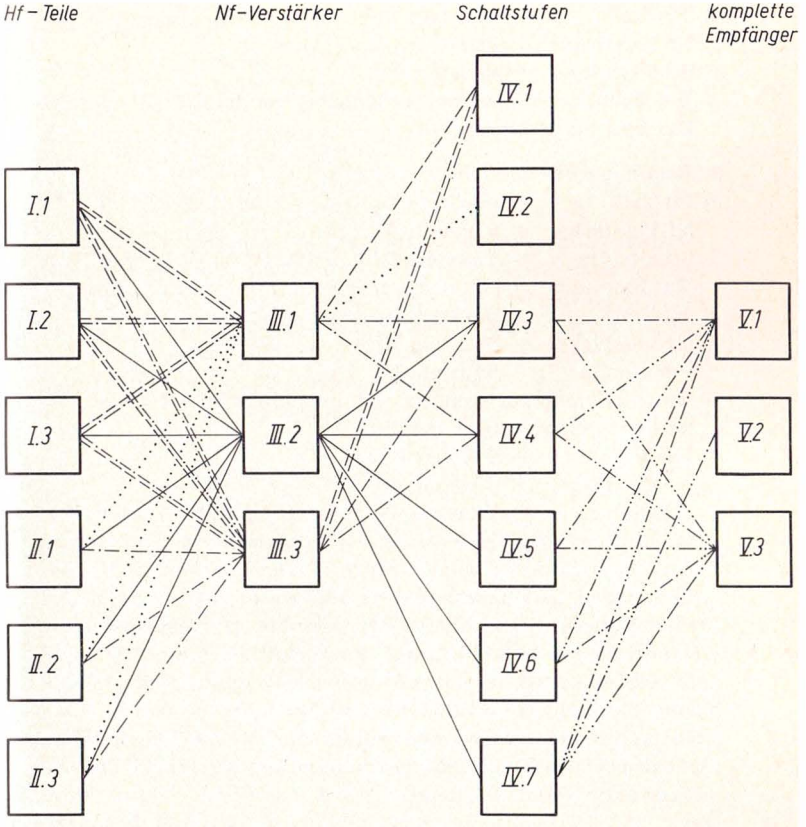


Bild 41. Kombinationsplan für Empfänger:

————————	für Ein- oder Mehrkanal-Betrieb
– – – – – – –	nur in Verbindung mit Diodenempfängern
–.–.–.–.–.–.–	nur 1-Kanal-Betrieb möglich
. . . . .	nur in Verbindung mit Pendlern möglich
–..–..–..–..–..–	ausschließliche Kombination der Bausteine IV und V

c) Hf-Teil = Baustein I. 3.
Nf-Verstärker = Baustein III. 1.
Schaltstufe = Baustein IV. 1.
Der Empfänger spricht auf beliebig modulierte Sender im Umkreis bis 100 m an.

3. *Empfänger für Modelle*

a) Hf-Teil = Baustein II. 1., II. 2. oder II. 3.
Nf-Verstärker = Baustein III. 2.
Schaltstufe = Baustein IV. 3., IV. 4., IV. 5., IV. 6. oder IV. 7.
Der Empfänger arbeitet mit mehreren Kanälen in Sichtweite.

b) Hf-Teil = Baustein II. 1. oder II. 2.
Nf-Verstärker = Baustein III. 1.
Schaltstufe = Baustein IV. 2.
Dieser Empfänger reagiert auf unmodulierte Hf-Träger. Es ist nur 1-Kanal-Betrieb möglich.

c) Hf-Teil = Baustein I. 3.
Nf-Verstärker = Baustein III. 2.
Schaltstufe = Baustein IV. 3., IV. 4., IV. 5., IV. 6. oder IV. 7.
Mit diesem Empfänger lassen sich insbesondere Schiffs- und Automodelle mehrkanalig steuern. Die Reichweite beträgt über 100 m. Der Empfänger ist völlig störstrahlungsfrei und unempfindlich gegenüber Störungen aus Antriebsmotoren.

Neben diesen gebräuchlichen Kombinationsvorschlägen sind noch zahlreiche weitere Kombinationen möglich. Das nachstehende Blockschaltbild *(Bild 41)* zeigt eindeutig, welche Bausteine miteinander verbunden werden dürfen. Die Eigenschaften der sich ergebenden Empfänger können in den Einzelbeschreibungen nachgelesen werden.

VI Sender

Allgemeines

Sender für Fernsteuerzwecke lassen sich in zahlreichen Varianten herstellen. So kann der Hf-Teil beispielsweise freischwingend oder quarzgesteuert, ein- oder zweistufig, mit Röhren oder Transistoren sowie für kleinste oder höchstzulässige Leistung aufgebaut sein. Trotz aller Konstruktionsfreiheit sind die drei wichtigsten Bestimmungen der Bundespost über

Frequenzeinhaltung,
Sendeleistung und
Störstrahlungsfreiheit

nicht zu verletzen.

Weiteren Spielraum bietet die Modulationsart. Abgesehen von modernen digital gesteuerten Industrieanlagen sind die allermeisten Selbstbaugeräte amplitudenmoduliert. Die beste Modulationsqualität erhielte man bei reiner Sinusmodulation mit einem Modulationsgrad von knapp 100 Prozent. Doch einen wirklich exakt funktionierenden Sender mit Sinusmodulation zu bauen, ist für den Amateur ohne Meßmittel gar nicht so einfach. Die Schwierigkeiten liegen sowohl im Hf-Teil als auch im Modulator. Der Arbeitspunkt der Hf-Endstufe muß nämlich so festgelegt werden, daß ein symmetrisches Modulieren möglich ist. Insbesondere bei Transistor-Endstufen ist die richtige Betriebseinstellung nicht leicht zu finden, denn Steuerleistung, Tankkreis, Antennenankopplung und nicht zuletzt die Eigenschaften des Transistors selbst haben auf den Arbeitspunkt einen Einfluß.

Die Probleme im Modulator liegen in der Wahl der Sinusoszillatoren. Als Schwingschaltung sind durchweg LC-Oszillatoren üblich, deren Signal in einer oder zwei Stufen weiterverstärkt und dann meist über einen Modulationstransformator auf die Hf-Endstufe gegeben wird.

LC-Oszillatoren mit Schalenkernspulen haben aber nur einen geringen Abgleichspielraum. Da Sender und Empfänger auf dieselbe Tonfrequenz abgestimmt werden müssen, ergeben sich nicht selten Abgleichschwierigkeiten, was ein stundenlanges Probieren und Umwickeln der Tonkreisspulen zur Folge haben kann.

Das Buch trüge den falschen Titel, wollte der Verfasser den Leser nach dem unkomplizierten Bau eines Empfängers vor senderseitige Kriterien stellen. Es wurden deshalb im Hf-Teil und im Modulator Schaltungen benutzt, die auf Anhieb funktionieren und ohne besondere Meßmittel auf die Empfangsanlage abgestimmt werden können.

Die Hf-Teile sind grundsätzlich quarzgesteuert, weil sich hierdurch automatisch die richtige Sendefrequenz ergibt. Die Modulation erfolgt mit rechteckförmigen Tonfrequenzen. Rechteckmodulation ist sehr wirkungsvoll, stromsparend und schaltungstechnisch einfach zu lösen. Die Arbeitspunkteinstellung der Hf-Endstufe ist vollkommen unkritisch. Leider nimmt ein rechteckmodulierter Sender eine wesentlich größere Bandbreite ein als ein Sender mit Sinusmodulation. Man sollte daher stets einen Quarz verwenden, der genau auf Bandmitte abgestimmt ist, um sicher zu sein, daß das Modulationsspektrum nicht über die Bandenden hinausgeht.

1 1-Kanal-Handsender für 27,12 MHz

Aufbau Bild 42, Schaltung Bild 43

Für einfache Modelle, die in Sichtweite mit einem einzigen Kanal gesteuert werden können, für Fernsteuerungen im Haushalt oder für fotografische Zwecke wurde dieser sehr kleine und trotzdem leistungsfähige Handsender entwickelt. In einem Aluminium-Kleingehäuse mit den Maßen 70 mm x 45 mm x 35 mm (Teko, 1 B) befinden sich der quarzgesteuerte Hf-Teil, ein Tongenerator mit nachgeschaltetem Verstärker und eine 9-V-Batterie. Einziges Bedienungselement ist ein Drucktaster, mit dem die Batteriespannung getastet wird. Die Antenne ist nur knapp 1 m lang und gleich neben dem Drucktaster in eine isolierte Polklemme eingelötet. Sie läßt sich auf 26,5 cm zusammenschieben.

Schaltung

Der einstufige Hf-Teil besteht nur aus einem quarzgesteuerten Oszillator. Für T 1 kann jeder gute Silizium-npn-Transistor mit hoher Transitfrequenz verwendet werden. Die Schwingfreudigkeit des Oszillators ist erstaunlich gut. Selbst bei völlig verstimmtem Schwingkreis (L 2, C 1, C 2) bleibt die Hf-Leistung weitgehend erhalten. Der Schwingquarz (27,12 MHz) synchronisiert die Sendefrequenz im gesamten Abstimmbereich der Spule. Man braucht deshalb nicht zu befürchten, plötzlich außerhalb des 27,12-MHz-Bandes zu liegen. Ohne Modulation (T 3 aus der Fassung ziehen) kann eine Hf-Leistung von 50 mW erreicht werden.

Transistor-Quarzoszillatoren lassen sich gut modulieren, wenn der Basisspannungsteiler eine Festspannung erhält. Darum liegt R 1 direkt an + 9 V und nicht mit an der Kollektorspannung. Der Kollektor T 1 erhält eine Rechteck-Modulationsspannung, die der Multivibrator (T 3 und T 4) erzeugt und die in der Treiberstufe T 2 verstärkt wird. Die Frequenz des Multivibrators läßt sich am Einstellregler R 8 zwischen 2 kHz und 3,8 kHz regeln. R 8 darf aber nur im oberen Regelbereich (Schleifer in Richtung + 9 V) eingestellt sein.

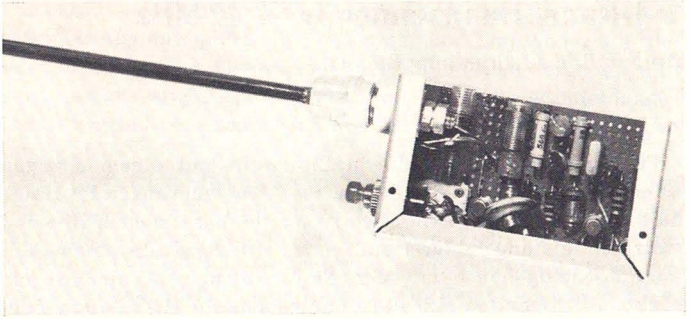


Bild 42. Betriebsfertiger Handsender. Der 9-V-Gehäuse-Energieblock wird einfach vorn in das Gehäuse gelegt

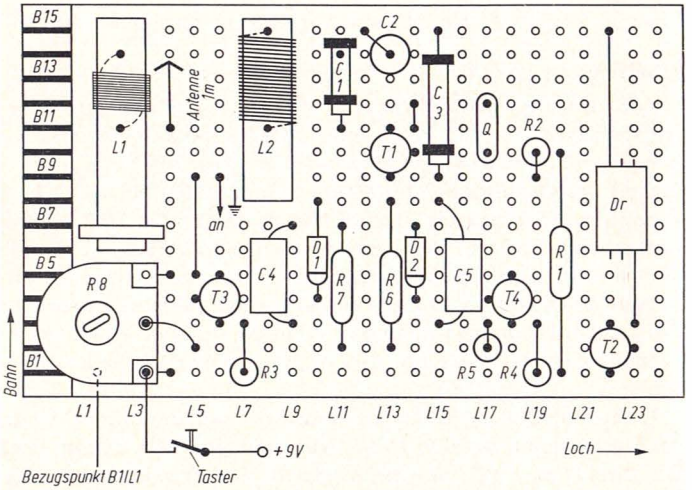


Bild 42a. Verdrahtungsplan für die Steckkarte des Handsenders

Abgleich

Der Abgleich erfolgt zunächst ohne Modulation. Dazu ziehen wir T 3 aus der Fassung, worauf T 4 und T 2 voll durchschalten.

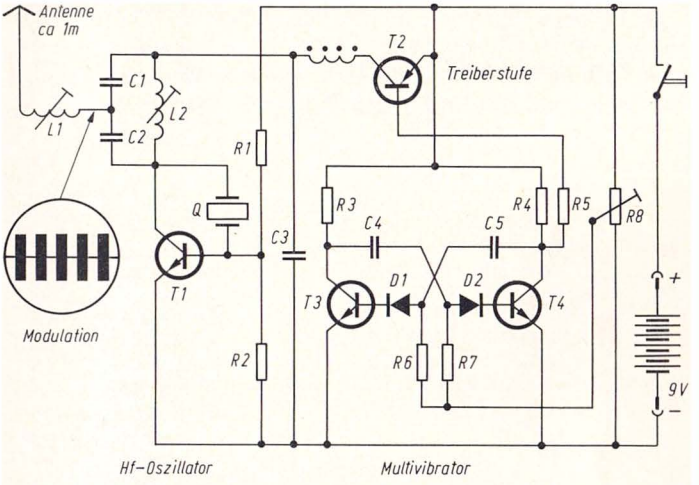


Bild 43. Schaltung des 1-Kanal-Handsenders

Nun legen wir parallel zu C 2 ein Glühlämpchen 6 V/0,6 W und gleichen den Kern L 2 auf maximale Helligkeit ab. Das Lämpchen muß gelblich leuchten. Danach gleichen wir L 1 auf Resonanz ab, was sich durch ein dunkler werdendes Lämpchen zeigt. Für andere Antennenlängen als angegeben ist die Windungszahl für L 1 zu erproben. Jetzt setzen wir T 3 in die Fassung, löten das Lämpchen ab und hören den Sender mit einem Diodenempfänger ab. Sollte der Sender beim Tastendruck verzögert anschwingen, so ist der Kern in L 2 etwas mehr hineinzudrehen.

Zum Aufbau

Der Sender ist auf einer Steckkarte (M 11) aufgebaut. Die Steckkarte kann in Verbindung mit einer Steckerleiste in ein beliebiges Gehäuse oder, wenn sie an der Anschlußseite um 2 mm gekürzt wird, in das Teko-Gehäuse, Modell 1 B, eingeklebt werden. Als Kleber eignet sich UHU-plus oder Stabilit.

Im Verdrahtungsplan sind die Anschlußpunkte für Plus, Masse und Antenne eingezeichnet. Dieselben Anschlüsse liegen aber auch an den Kontakten der Steckkarte. Der Regler R 8 ist entweder hochkant (für Steckanschluß) oder flach einzulöten.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Steckkarte M 11
1 Steckerleiste 15polig mit 2,5 mm Kontaktabstand (nach Bedarf)
4 Transistorfassungen für TO 18, dreipolig
2 Spulenkörper 6 mm Φ mit Kern (rot)
1 Quarz 27,12 MHz, HC 18 U

Widerstände

R 1 = 33 kΩ/0,5 W	B 1 /L 20 – B 10/L 20
R 2 = 3,9 kΩ/0,5 W	B 9 /L 19 – B 10/L 19
R 3 = 2,2 kΩ/0,25 W	B 1 /L 7 – B 3 /L 7
R 4 = 2,2 kΩ/0,25 W	B 1 /L 19 – B 3 /L 19
R 5 = 22 kΩ/0,25 W	B 2 /L 17 – B 3 /L 17
R 6 = 68 kΩ/0,5 W	B 2 /L 13 – B 8 /L 13
R 7 = 68 kΩ/0,5 W	B 2 /L 11 – B 7 /L 11
R 8 = 10 kΩ lin. Einstellregler	B 1 /L 4, B 2 /L 5, B 5 /L 4

Kondensatoren

C 1 = 56 pF, keramisch	B 11/L 11 – B 14/L 11
C 2 = 180 pF, Styroflex	B 14/L 13 – B 15/L 12
C 3 = 4,7 nF, keramisch	B 9 /L 15 – B 15/L 15
C 4 = 2,2 nF/100 V	B 3 /L 9 – B 7 /L 9
C 5 = 2,2 nF/100 V	B 3 /L 15 – B 8 /L 15

Spulen

L 1 = 20 Windungen 0,3 mm CuL	B 11/L 2 – B 14/L 2
L 2 = 17 Windungen 0,65 mm CuL	B 11/L 8 – B 15/L 8

Drossel

Dr = Ferroxcube-Drossel (Valvo) B 3 /L 23 – B 15/L 22

Quarz B 10/L 17 – B 12/L 17

Transistoren

T 1 = 2 N 708, BC 109, BSY 19 (ITT Intermetall)
C = B 11/L 13, B = B 10/L 14, E = B 9 /L 13

T 2 = BC 192, BC 251 C, BC 261 C (ITT Intermetall)
C = B 3 /L 22, B = B 2 /L 23, E = B 1 /L 22

T 3 = BC 109 C, BFY 39 III, BC 171 B (ITT Intermetall)
C = B 3 /L 6, B = B 4 /L 5, E = B 5 /L 6

T 4 = BC 109 C, BFY 39 III, BC 171 B (ITT Intermetall)
C = B 3 /L 18, B = B 4 /L 17, E = B 5 /L 18

Dioden

D 1 = BAY 17, 18 (ITT Intermetall) B 8 /L 10 – B 4 /L 10 +
D 2 = BAY 17, 18 (ITT Intermetall) B 7 /L 14 – B 4 /L 14 +

Drahtverbindungen B 5 /L 5 – B 9 /L 5, B 11/L 14 – B 12/L 14

Leiterbahnunterbrechungen B 2 /L 15, B 3 /L 12, B 3 /L 20,
B 4 /L 12, B 11/L 6

Anschlüsse

+ 9 V über Taster = Bahn 1 oder an R 8
– Masse, Gehäuse = Bahn 9 oder B 9/L 6
Antenne = Bahn 11 oder B 11/L 4

2 Zweistufiger Sender für 27,12 MHz bzw. 40,68 MHz

Aufbau Bild 44, Schaltung Bild 45

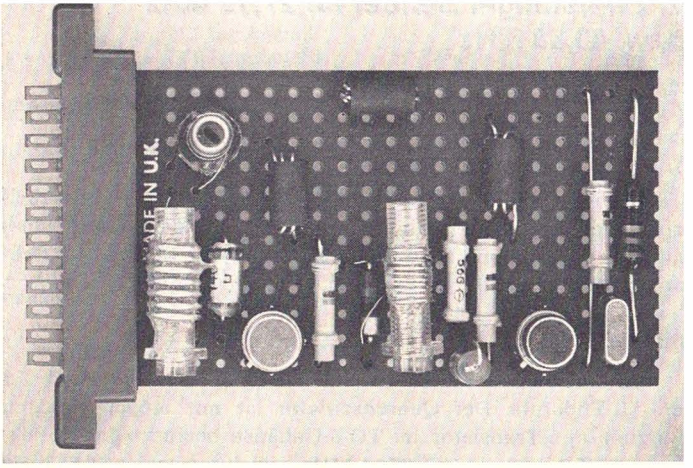
Auf dieser Steckkarte ist lediglich der Hf-Teil eines universell venwendbaren Senders untergebracht. Die Sende-Endstufe kann mit dem nachstehend beschriebenen Modulator (Kapitel VI, Bauanleitung 3) zwischen 1,5 kHz und 7,5 kHz moduliert werden.

Schaltung

Von den beiden Stufen ist T 2 der Quarzoszillator und T 1 die Hf-Endstufe. Der Quarzoszillator ist mit einem robusten Silizium-npn-Transistor im TO-5-Gehäuse bestückt. Im Kollektorkreis T 2 liegt ein auf 27,12 MHz beziehungsweise 40,68 MHz abgestimmter Schwingkreis. Der Quarz Q, der die direkte Sendefrequenz haben muß, stellt die Rückkopplung zwischen Kollektor und Basis her. Damit die Schwingamplitude an der Basis nicht zu groß wird, ist der Kondensator C 5 (140 pF) vorgesehen. Dieser Kondensator läßt außerdem die Halterkapazität des Quarzes unschädlich werden.

Die Basis T 2 erhält über den Widerstand R 2 nur einen geringen, zum sicheren Anschwingen des Oszillators ausreichenden Strom. Der Basisspannungsanschluß ist getrennt herausgeführt (+ 9 V bis 18 V automatic), denn an ihm wird der gesamte Hf-Teil ein- und ausgeschaltet. Solange der Anschluß + automatic keine Spannung erhält, sind beide Transistoren gesperrt; der Sender nimmt keinen Strom auf.

Die Spannung für den +-automatic-Anschluß wird dem Modulator entnommen. Sie entsteht erst beim Tasten des Senders und verschwindet etwa 5 Sekunden nach dem Betätigen des Steuerknüppels automatisch. Diese Schaltautomatik sorgt dafür, daß während der Tastpausen die ganze Anlage stromlos wird. Auf diese Weise ist es möglich, wirtschaftlich mit Batterien zu arbeiten, die bei normalem Betrieb ein volles Jahr lang halten können!



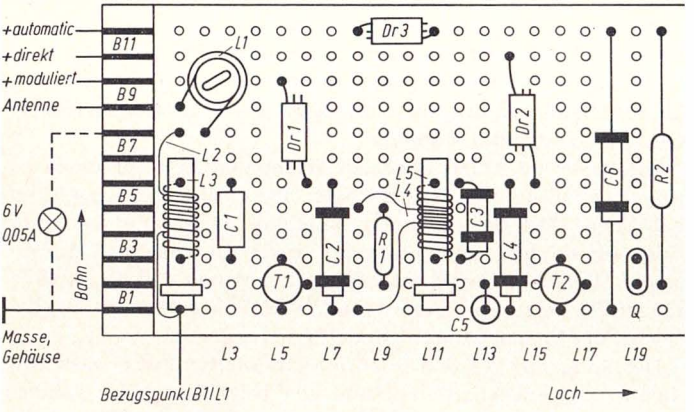


Bild 44. Aufbau des zweistufigen Senders

Die Kollektorspannung für T 2 wird direkt mit der Batterie verbunden. Zur Vermeidung von hochfrequenten Verkopplungen sind in alle Plusleitungen Ferroxcube-Drosseln eingefügt (Dr 1 bis Dr 3).

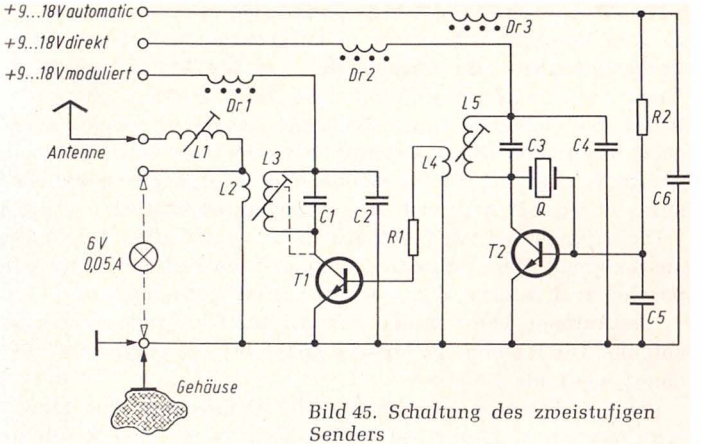


Bild 45. Schaltung des zweistufigen Senders

Die Hochfrequenzleistung des Oszillators ist beachtlich. Sie liegt bei $Ub = 9$ V um 50 mW und bei $Ub = 18$ V um 150 mW. Zur Kontrolle der Hf-Leistung kann parallel zur Auskoppelwicklung L 4 probeweise ein Taschenlampenbirnchen (6 V/0,6 W) geschaltet werden. Es muß gut leuchten. T 2 ist dabei aus der Fassung zu ziehen. Die Ankopplung der Endstufe erfolgt über den Widerstand R 1. Seine Größe bestimmt den günstigsten Arbeitspunkt und damit die Ausgangsleistung des Transistors. Weiterhin unterdrückt er jegliche Schwingneigung (Selbsterregung) der Endstufe. Wenn man den Kollektorkreis von T 1 durchstimmt, so wird man einen gleichmäßigen Anstieg der Hf-Leistung feststellen, und zwar ohne sprunghaftes Einsetzen von wilden Schwingungen. Der Kollektorkreis von T 1, der auf dieselbe Frequenz abgestimmt sein muß wie die Spule L 5 und der Quarz, hat einen relativ großen Parallelkondensator C 1. Wegen des geringen Innenwiderstandes von T 1 muß C 1 so hoch bemessen werden, um eine gute Leistungsausbeute zu erhalten.

Die Dimensionierung des Tankkreises (L 3, C 1) ist aber nur für handelsüblichen und billige Schalttransistoren, wie zum Beispiel BSY 51, 52, 53, 54 sowie BFY 50, 2 N 1613 oder ähnliche, günstig. Mit den genannten Typen lassen sich bei $Ub = 9$ V

etwa 150 mW und bei $Ub = 18$ V etwa 500 mW Hf-Leistung erzeugen. Wesentlich besser sind ausgesprochene Hf-Leistungstransistoren, wie zum Beispiel der Typ 2 N 3553. Dieser Transistor kann bei $Ub = 18$ V spielend 1 bis 1,5 W Hf abgeben, jedoch muß dann der Schwingkreis an der zweiten Windung angezapft werden. Diese Variante hat allerdings nur für industrielle Sender mit FTZ-Prüfnummer Bedeutung, weil die Leistung von der Bundespost auf 1 W Input begrenzt ist.

Die Hf-Leistung wird mit der in L 3 gewickelten Spule L 2 ausgekoppelt. Für den ersten Abgleich kann man ein Lämpchen parallel zu L 2 legen, das aber im Betrieb entfallen muß.

Als Antenne benutzt man eine 1,2 bis 2 m lange Teleskopantenne. Die fehlende elektrische Länge bis $\lambda/4$ gleicht die Verlängerungsspule L 1 aus.

Die Kollektorspannung für die Hf-Endstufe wird dem Modulatorbaustein 3, Kapitel VI entnommen. Es ist eine Rechteckspannung mit der Höhe der Batteriespannung. Da der Transistor T 1 entweder immer die volle oder gar keine Kollektorspannung erhält, und zwar im Rhythmus der Tonfrequenz, ist das Hf-Signal stets 100prozentig moduliert.

Abgleich

Der Abgleich kann ohne Modulator erfolgen. Die drei Plusanschlüsse werden miteinander verbunden und an die Batterie angeschlossen.

Dann drehen wir den Kern der Spule L 5 ganz hinein, worauf der Oszillator sicher schwingt. Jetzt gleichen wir L 3 auf maximale Helligkeit des Lämpchens ab. Danach wird der Kern in L 5 so weit herausgedreht, bis sich die höchste Helligkeit am Lämpchen einstellt. Sollten die Oszillatorschwingungen bei zu weit herausgedrehtem Kern (L 5) abreißen, so muß der Kern sofort bis zum Einsetzen der Schwingungen hineingedreht werden (sonst wird T 2 heiß!).

Mit angeschlossener und voll ausgezogener Antenne versuchen wir nun, mit dem Kern in L 1 eine Resonanz zu bekommen. Im Resonanzfall wird das Lämpchen dunkler. Die Abstimmung von L 1 muß scharf und eindeutig sein. Für lange Antennen darf L 1 nur 5 bis 10 Windungen, für kurze etwa 15 bis

20 Windungen haben. Die richtige Windungszahl ist durch Versuche zu ermitteln.

Abschließend messen wir die Stromaufnahme von T 1 allein. Sie kann maximal so hoch sein, daß sich ein Input von 2 Watt ergibt. Durch Zuschalten des Modulators sinkt der Input auf genau 50 Prozent, also auf 1 Watt, was noch erlaubt ist. Ein Reduzieren des Kollektorstromes in T 1 ist durch Vergrößern des Widerstandes R 1 möglich.

Stückliste und Lage der Bauteile siehe nächste Seite.

Stückliste und Lage der Bauteile

Als Leiterplatte eignet sich entweder die Steckkarte M 9 oder eine normale Leiterplatte M 19 (ohne Steckanschlüsse). Für welche Leiterplatte man sich entscheiden soll, hängt vom mechanischen Aufbau des Sendergehäuses ab.

1 Vero-Board-Leiterplatte M 19 oder Steckkarte M 9
1 Steckerleiste S 9
2 Transistorfassungen für TO 5, dreipolig
3 Spulenkörper 6 mm ⌀, 25 mm lang, mit Kern (rot)
1 Schwingquarz 27,12 MHz oder 40,68 MHz (HC 18 U)

Widerstände

R 1 = 10 bis 22 Ω/0,5 W	B 2 /L 9 – B 5 /L 9
R 2 = 33 kΩ/0,5 W	B 2 /L 20 – B 12/L 20

Kondensatoren

C 1 = 140 pF für 27,12 MHz oder 82 pF für 40,68 MHz	B 3 /L 2 – B 6 /L 2
C 2 = 4,7 nF, keramisch	B 1 /L 7 – B 6 /L 7
C 3 = 56 pF für 27,12 MHz oder 33 pF für 40,68 MHz	B 3 /L 12 – B 6 /L 12
C 4 = 4,7 nF, keramisch	B 1 /L 14 – B 6 /L 14
C 5 = 140 pF, Styroflex	B 1 /L 13 – B 2 /L 13
C 6 = 4,7 nF, keramisch	B 1 /L 18 – B 12/L 18

Transistoren

T 1 = BSY 51, 52, 53, 54, 2 N 1613 (ITT Intermetall)
C = B 3 /L 5, B = B 2 /L 6, E = B 1 /L 5
T 2 = BSY 51, 52, 53, 54, 2 N 1613 (ITT Intermetall)
C = B 3 /L 16, B = B 2 /L 17, E = B 1 /L 16

Drosseln

Dr 1 = Ferroxcube-Drossel (Valvo)	B 6 /L 6 – B 10/L 6
Dr 2 = Ferroxcube-Drossel (Valvo)	B 6 /L 15 – B 11/L 15
Dr 3 = Ferroxcube-Drossel (Valvo)	B 12/L 8 – B 12/L 11

Quarz

Drahtanschlüsse B 2 /L 19 – B 3 /L 19

Spulen

L 1 = 5 bis 20 Wdg. 0,3 mm CuL (s. Text)	B 8 /L 2 – B 9 /L 1
L 2 = 3 Wdg. 0,6 mm CuL	B 1 /L 1 – B 8 /L 1

L 3 = 7 Wdg. 1 mm Cu versilbert für 27,12 MHz oder
5 Wdg. 1 mm Cu versilbert für 40,68 MHz
B 3 /L 1 – B 6 /L 1
L 4 = 3 Wdg. 0,3 mm CuL B 1 /L 8 – B 5 /L 8
L 5 = 11 Wdg. 0,6 mm CuL B 3 /L 11 – B 6 /L 11

Leiterbahnunterbrechungen B 2 /L 5, B 2 /L 10, B 3 /L 6, B 3 /L 10,
B 5 /L 7, B 5 /L 10, B 6 /L 10, B 8 /L 3,
B 9 /L 3, B 12/L 10,

Anschlüsse

+ 9 bis 18 V automatic = Bahn 12
+ 9 bis 18 V direkt = Bahn 11
+ 9 bis 18 V moduliert = Bahn 10
Antenne = Bahn 9
Lämpchen (Kontrolle) = Bahn 1 und 8
– Masse, Gehäuse = Bahn 1

3 Mehrkanal-Modulator

Aufbau Bild 46, Schaltung Bild 47

Mit diesem Modulator-Baustein kann der vorstehende Sender mit jeder beliebigen Frequenz zwischen 1,5 und 7,5 kHz moduliert werden.

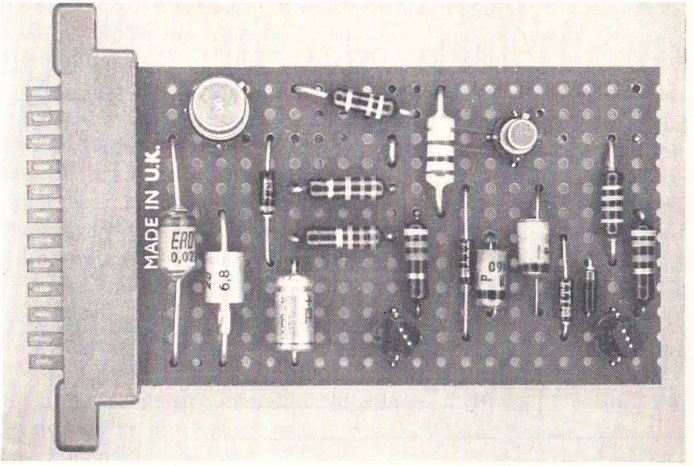
Der eigentliche Tongenerator ist ein Multivibrator mit Siliziumtransistoren. Früher, als man sich noch mit Germaniumtransistoren begnügen mußte, hatten Multivibratoren nicht die genügende Stabilität für trennscharfe Tonkreisfilter. Erst die thermisch wesentlich stabileren Siliziumtransistoren gestatteten ein zufriedenstellendes Anwenden des Multivibrators.

In der vorliegenden Schaltung erhalten die beiden Transistoren T 3 und T 4 eine stabilisierte Speisespannung von + 6,8 V. Sie wird mit der Zenerdiode ZD 2 und dem Vorwiderstand R 3 aus der Haupt-Versorgungsspannung des Bausteines gewonnen. Damit wird ein Abweichen der Sollfrequenz bei sinkender Batteriespannung vermieden.

Für die Frequenzeinstellung des Multivibrators auf die genauen Tonfrequenzen im Empfänger können zwei Wege beschritten werden. Einmal ist es möglich, die beiden Basiswiderstände R 6 und R 7 an der Steckerleiste miteinander zu verbinden und zwischen diesem Anschlußpunkt und der stabilisierten Spannung von + 6,8 V mehrere Regler über entsprechend viele Drucktaster beziehungsweise Knüppelschalter anzuschließen. Mit jedem Regler läßt sich der gesamte Tonfrequenzbereich überstreichen, so daß willkürlich jeder Regler auf jeden Kanal eingestellt werden kann.

Ein solches Schaltbeispiel ist für drei Kanäle wiedergegeben. Diese Methode ist zwar sehr einfach, sie erlaubt aber kein genaues Symmetrieren der Rechteckschwingungen. Dennoch kann das Verfahren bedenkenlos angewendet werden.

Der zweite Weg der Frequenzwahl ist aufwendiger, aber auch etwas besser als der erste. Man benutzt dazu pro Kanal zwei Einstellregler und zwei Dioden. Mit den beiden Reglern läßt



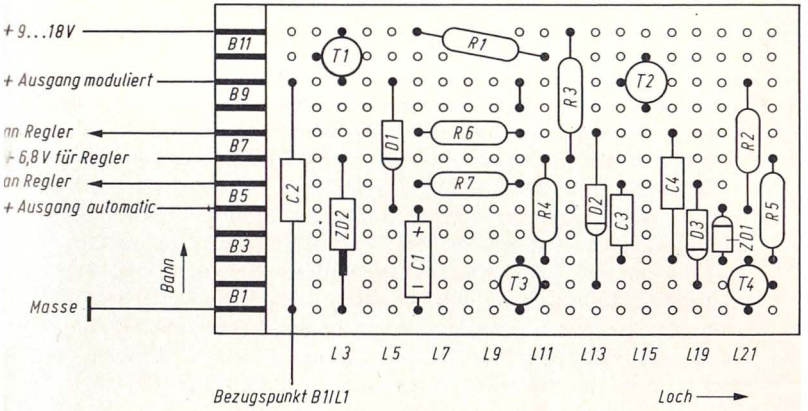


Bild 46. Aufbau des Mehrkanal-Modulators

sich sowohl die genaue Frequenz als auch die Symmetrie der Ausgangsspannung (an + Ausgang moduliert) einstellen. Die Dioden verhindern bei Mehrkanal-Betrieb ein Verkoppeln der

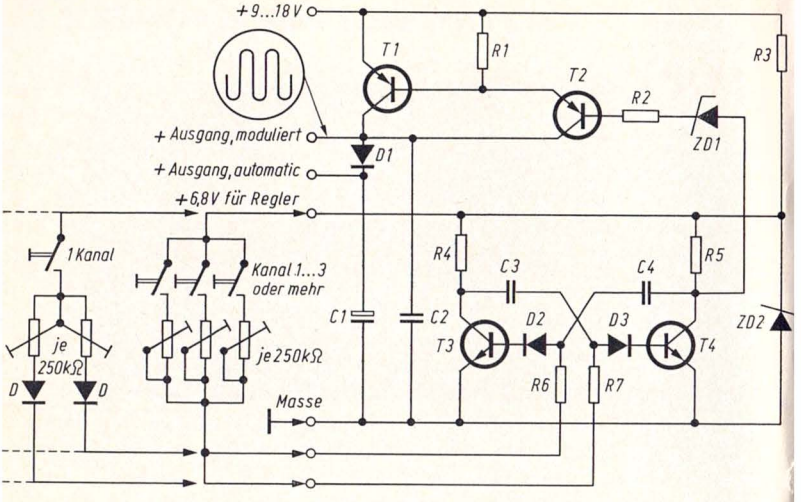


Bild 47. Schaltung des Mehrkanal-Modulators

Einstellregler untereinander. In der nächsten Beschreibung (Kapitel VI, Bauanleitung 4) ist ein steckbarer 6-Kanal-Zusatz wiedergegeben, der nach diesem Prinzip arbeitet.

Die vom Multivibrator erzeugte Rechteckspannung kann man nicht direkt zum Modulieren des Senders benutzen. Sie muß erst so weit verstärkt werden, daß der Modulations-Ausgang mit mindestens 100 mA zu belasten ist, und zwar ohne Rückwirkungen auf die einmal eingestellten Tonfrequenzen. Der Verstärker braucht praktisch nur ein Schalter zu sein, da wir es nur mit Spannungssprüngen zu tun haben. Er besteht aus den beiden Silizium-pnp-Transistoren T 2 und T 1. Beide Transistoren sind in Darlingtonschaltung betrieben. Ihre Emitter liegen auf vollem Pluspotential von 9 bis 18 V.

Wenn sich die Schaltung in Ruhelage befindet, fließt in keinem Transistor ein Strom. Die Spannung am Ausgang „moduliert" ist daher Null. Erst wenn ein Taster betätigt wird, beginnt der Multivibrator zu schwingen. Dabei springt die Kollektorspannung an T 4 abwechselnd von + 6,8 V auf Null.

Der Transistor T 2 benötigt aber zum Aussteuern eine Basisspannung, die um etwa 2 V negativer wird als seine Emitterspannung, also bei $Ub = 9$ V etwa 7 V und bei $Ub = 18$ V rund 16 V. Wir können deshalb nicht ohne weiteres den Kollektor T 4 mit der Basis T 2 verbinden, sondern müssen zunächst das Potentialgefälle zwischen der Versorgungsspannung und der stabilisierten Spannung von + 6,8 V überbrücken. Dazu dient die Zenerdiode ZD 1. Sie wird so gewählt, daß ihre Durchbruchspannung geringfügig höher ist als die Spannungsdifferenz zwischen der verwendeten Versorgungsspannung und + 6,8 V. Bei 9-V-Betrieb muß ZD 1 für mindestens 2,2 V, bei 12-V-Betrieb für mindestens 5,2 V und bei 18-V-Betrieb für mindestens 11,2 V ausgelegt sein. Als Sicherheitsfaktor gibt man 2 V zu der Durchbruchspannung ZD 1 zu.

Unter diesen Ankoppelverhältnissen fließt in T 2 und T 1 immer dann ein Strom, wenn die Kollektorspannung an T 4 zusammengebrochen ist.

Die Kurvenform am Ausgang „moduliert" würde ohne besondere Maßnahmen sehr steilflankig sein, was unter Umständen zu Rundfunkstörungen führen könnte. Abhilfe schafft der dem Ausgang parallelliegende Kondensator C 2. Er verbessert die Kurvenform, ist aber klein genug, um nicht als Ladekondensator zu wirken.

Messungen am Ausgang sind nur mit einem Lastwiderstand von etwa 100 Ω oder zusammen mit dem Sender als Last durchzuführen.

Aus dem Ausgangssignal gewinnen wir zusätzlich eine Gleichspannung für die Basis des Senderoszillators. Bei jedem Tastendruck lädt sich der Kondensator C 1 über die Diode D 1 sofort auf und bleibt so lange voll geladen, wie die Taste gedrückt wird.

Nach dem Öffnen der gedrückten Taste erfolgt kein Nachladen des Kondensators mehr, so daß die Spannung langsam zusammenbricht. Der Sinn dieser Automatik wurde bereits in der Senderbeschreibung 2, Kapitel VI, erläutert.

Stückliste und Lage der Bauteile siehe nächste Seite.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Steckkarte M 9
1 Steckerleiste S 9
3 Transistorfassungen für TO 18, dreipolig
1 Transistorfassung für TO 5, dreipolig
Einstellregler 250 kΩ nach Bedarf

Widerstände

R 1 = 47 Ω/0,5 W	B 12/L 6 – B 11/L 11
R 2 = 47 kΩ/0,5 W	B 5 /L 19 – B 10/L 19
R 3 = 150 Ω/0,5 W (*Ub* = 9 V)	B 7 /L 12 – B 12/L 12
330 Ω/0,5 W (*Ub* = 12 V)	
680 Ω/0,5 W (*Ub* = 15 V)	
820 Ω/0,5 W (*Ub* = 18 V)	
R 4 = 4,7 kΩ/0,5 W	B 3 /L 11 – B 7 /L 11
R 5 = 4,7 kΩ/0,5 W	B 3 /L 20 – B 7 /L 20
R 6 = 27 kΩ/0,5 W	B 8 /L 6 – B 8 /L 10
R 7 = 27 kΩ/0,5 W	B 6 /L 6 – B 6 /L 10

Kondensatoren

C 1 = 25 µF/15 V	B 1 /L 6 – B 5 /L 6 +
C 2 = 22 nF/100 V	B 1 /L 1 – B 10/L 1
C 3 = 3,3 nF/160 V	B 3 /L 14 – B 6 /L 14
C 4 = 3,3 nF/160 V	B 3 /L 16 – B 8 /L 16

Dioden

D 1 = BAY 17 (ITT Intermetall)	B 10/L 5 – B 5 /L 5 +
D 2 = BAY 17 (ITT Intermetall)	B 8 /L 13 – B 2 /L 13 +
D 3 = BAY 17 (ITT Intermetall)	B 6 /L 17 – B 2 /L 17 +

Zenerdioden

ZD 1 = ZD 6,8 (ITT Intermetall)	B 1 /L 3 – B 7 /L 3 +
ZD 2 = ZF, s. Text (ITT Intermetall)	B 3 /L 18 – B 5 /L 18 +

Transistoren

T 1 = BSX 40, 41, 2 N 4032 (ITT Intermetall)
C = B 10/L 3, B = B 11/L 2, E = B 12/L 3
T 2 = BC 192, BC 251 B, BC 261 B (ITT Intermetall)
C = B 9 /L 15, B = B 10/L 14, E = B 11/L 15
T 3 = BC 109 C, BC 171 B, BFY 39 III (ITT Intermetall)
C = B 3 /L 10, B = B 2 /L 11, E = B 1 /L 10
T 4 = BC 109 C, BC 171 B, BFY 39 III (ITT Intermetall)
C = B 3 /L 19, B = B 2 /L 20, E = B 1 /L 19

Drahtverbindung B 9 /L 10 – B 10/L 10

Leiterbahnunterbrechungen	B 2 /L 15, B 6 /L 8, B 3 /L 15, B 5 /L 7, B 8 /L 8, B 10/L 12

Anschlüsse

+ 9 bis 18 V	= Bahn 12
– Masse	= Bahn 1
+ Ausgang moduliert	= Bahn 10
+ Ausgang automatic	= Bahn 5
+ 6,8 V, Regler	= Bahn 7
Regler	= Bahn 6 und 8

4 6-Kanal-Regler-Steckkarte

Aufbau Bild 48, Schaltung Bild 49

Schließt man diese Steckkarte an den vorstehenden Mehrkanal-Modulator an, so lassen sich insgesamt sechs verschiedene Tonfrequenzen einstellen. Mehr als sechs Kanäle sind durch Zuschalten einer zweiten Regler-Steckkarte möglich, wozu nur die Ausgänge (Bahn 11 und 13) beider Steckkarten miteinander zu verbinden sind.

Man könnte sich fragen, warum eine Steckkarte? Dafür sprechen zwei Gründe. Erstens lassen sich die vielen Regler und Dioden bequem untereinander verdrahten, und zwar ohne lästiges Drähteziehen. Zweitens ist eine Steckkarte leicht auszuwechseln, was aus wirtschaftlichen Überlegungen vorteilhaft

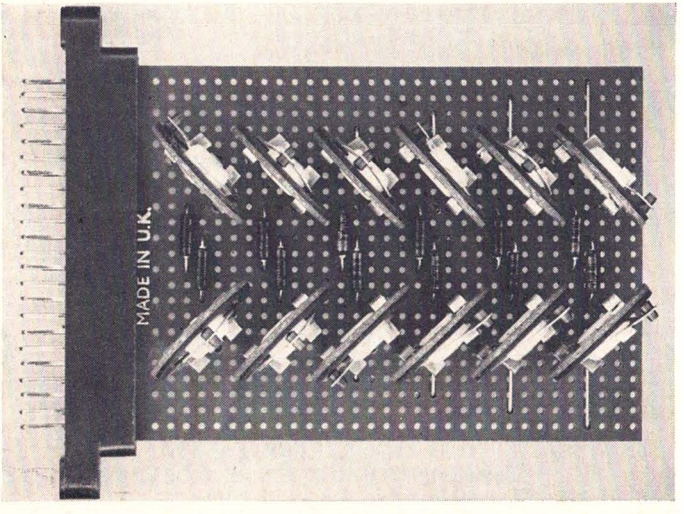
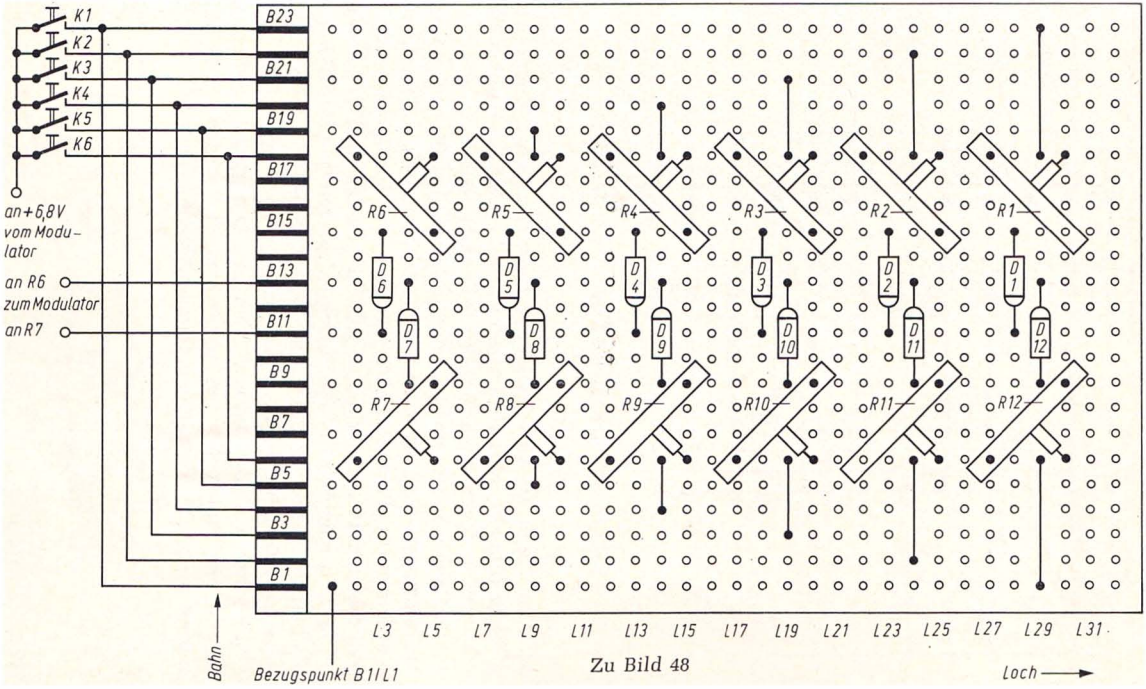


Bild 48. Aufbau der 6-Kanal-Regler-Steckkarte


K1
K2
K3
K4
K5
K6
an +6,8V vom Modulator
an R6 zum Modulator
an R7
B23
B21
B19
B17
B15
B13
B11
B9
B7
B5
B3
B1
R6
R5
R4
R3
R2
R1
D 6
D 5
D 4
D 3
D 2
D 1
D 7
D 8
D 9
D 10
D 11
D 12
R7
R8
R9
R10
R11
R12
L3 L5 L7 L9 L11 L13 L15 L17 L19 L21 L23 L25 L27 L29 L31
Bahn
Bezugspunkt B1/L1
Loch

Zu Bild 48

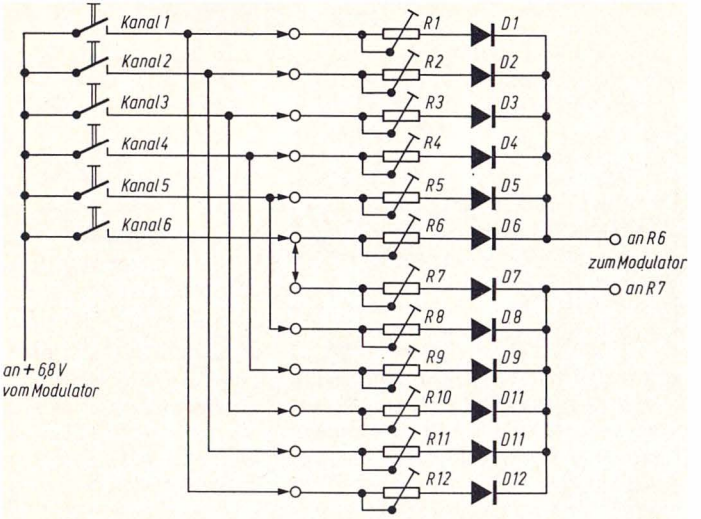


Bild 49. Schaltung der 6-Kanal-Regler-Steckkarte

ist. Man kann so verschiedene Steckkarten, abgestimmt auf mehrere Modelle, einfach umstecken und erhält auf Anhieb die richtigen Tonfrequenzen für ein bestimmtes Modell.

Alle Regler haben einen Wert von 250 kΩ lin. Es sind stabile Ausführungsformen zu verwenden, bei denen sich die Schleifkontakte nicht durch Erschütterungen verstellen können. Auch muß die mechanische Größe so gewählt werden, daß jeder Regler leicht zugänglich ist. Hervorragend geeignet sind die keramischen Einstellregler der Firma Ruwido. Sie sind bis zu 1 W belastbar und mit einer Staubschutzkappe erhältlich.

Alle Dioden sind Silizium-Doden mit geringem Sperrstrom. Germanium-Dioden können nicht benutzt werden, weil ihr Sperrstrom zu hoch und stark temperaturabhängig ist.

Stückliste und Lage der Bauteile

1 Vero-Board-Steckkarte M 10
1 Steckerleiste 23polig mit 2,5 mm Kontaktabstand
12 Einstellregler 250 kΩ lin. (siehe Text)

Einstellregler	Außen	Schleifer	Außen
R 1 =	B 18/L 27	B 18/L 30	B 15/L 30
R 2 =	B 18/L 22	B 18/L 25	B 15/L 25
R 3 =	B 18/L 17	B 18/L 20	B 15/L 20
R 4 =	B 18/L 12	B 18/L 15	B 15/L 15
R 5 =	B 18/L 7	B 18/L 10	B 15/L 10
R 6 =	B 18/L 2	B 18/L 5	B 15/L 5
R 7 =	B 6 /L 2	B 6 /L 5	B 9 /L 5
R 8 =	B 6 /L 7	B 6 /L 10	B 9 /L 10
R 9 =	B 6 /L 12	B 6 /L 15	B 9 /L 15
R 10 =	B 6 /L 17	B 6 /L 20	B 9 /L 20
R 11 =	B 6 /L 22	B 6 /L 25	B 9 /L 25
R 12 =	B 6 /L 27	B 6 /L 30	B 9 /L 30

Dioden alle Dioden BAY 17, 18, 1 N 914 (ITT Intermetall)

D 1 =	B 15/L 28 – B 11/L 28 +
D 2 =	B 15/L 23 – B 11/L 23 +
D 3 =	B 15/L 18 – B 11/L 18 +
D 4 =	B 15/L 13 – B 11/L 13 +
D 5 =	B 15/L 8 – B 11/L 8 +
D 6 =	B 15/L 3 – B 11/L 3 +
D 7 =	B 9 /L 4 – B 13/L 4 +
D 8 =	B 9 /L 9 – B 13/L 9 +
D 9 =	B 9 /L 14 – B 13/L 14 +
D 10 =	B 9 /L 19 – B 13/L 19 +
D 11 =	B 9 /L 24 – B 13/L 24 +
D 12 =	B 9 /L 29 – B 13/L 29 +

Drahtverbindungen

B 6 /L 9 – B 5 /L 9,	B 18/L 9 – B 19/L 9,
B 6 /L 14 – B 4 /L 14,	B 18/L 14 – B 20/L 14,
B 6 /L 19 – B 3 /L 19,	B 18/L 19 – B 21/L 19,
B 6 /L 24 – B 2 /L 24,	B 18/L 24 – B 22/L 24,
B 6 /L 29 – B 1 /L 29,	B 18/L 29 – B 23/L 29

Leiterbahnunterbrechungen

B 6 /L 6,	B 9 /L 6,	B 15/L 6,	B 18/L 6,
B 6 /L 11,	B 9 /L 11,	B 15/L 11,	B 18/L 11,
B 6 /L 16,	B 9 /L 16,	B 15/L 16,	B 18/L 16,
B 6 /L 21,	B 9 /L 21,	B 15/L 21,	B 18/L 21,
B 6 /L 26,	B 9 /L 26,	B 15/L 26,	B 18/L 26

Anschlüsse

Zum Modulator	= Bahn 11	und 13
Taste Kanal 1	= Bahn 1	und 23
Taste Kanal 2	= Bahn 2	und 22
Taste Kanal 3	= Bahn 3	und 21
Taste Kanal 4	= Bahn 4	und 20
Taste Kanal 5	= Bahn 5	und 19
Taste Kanal 6	= Bahn 6	und 18

Anhang

Herkunft und Bezugsquellennachweis der verwendeten Bauteile

Wer seine ersten Schritte in der Selbstbaupraxis tut, steht oft ratlos vor der Frage: „Wo bekommte ich die angeführten Bauteile?" Und in der Tat, die Materialbeschaffung ist in der Radio- und Elektronikbranche nicht ganz einfach. Das liegt an der unendlichen Vielzahl der elektronischen Spezialbauteile. Es ist deshalb verständlich, wenn der Radiohändler „am Platze" nicht immer den Wünschen des Elektronik-Amateurs entsprechen kann. Günstiges Einkaufen setzt ein Sich-Informieren voraus, und zwar gleich an der richtigen Stelle. Das sind die großen Versandhäuser mit ihren dicken Katalogen, Prospekten und Sonderangebotslisten. In den Fachzeitschriften bieten die einschlägigen Hersteller und Versandfirmen Monat für Monat ihre Erzeugnisse an. Einige dieser Firmen werden am Schluß genannt, um dem Anfänger den Start zu erleichtern. Aus Platzgründen können wir jedoch nicht alle Unternehmer berücksichtigen.

Der Endverbraucher tut immer gut daran, sich stets an ein Einzelhandelsgeschäft zu wenden. Der direkte Bezug von Herstellerfirmen ist nur sehr selten möglich und zudem zeitraubend, da die Industrie meist keine Lagerbestände führt. Wer also fünf Transistoren gebraucht, sollte nicht direkt an Siemens, Valvo oder sonstige Herstellerfirmen schreiben, sondern beim Einzelhändler nachfragen.

In diesem Buch wird nur von relativ wenig Bauteilen Gebrauch gemacht. Einmal, damit der Fachhandel sich ohne zu großen Aufwand auf den zu erwartenden Bedarf einstellen kann, zum anderen – und in erster Linie – im Interesse des Leser. Wenn man aus irgendwelchen Gründen eines Tages die geplante oder bereits fertige Anlage umdisponiert, so sind für das neue Vorhaben fast alle Bauteile wieder verwertbar.

Weiter wurde streng darauf geachtet, daß die angeführten Artikel nicht im Auslaufen begriffen sind, so daß auch über Jahre hinweg – so hofft der Verfasser – die Materialbeschaffung keine Schwierigkeiten bereiten dürfte.

Nachfolgend wollen wir nun auf die einzelnen Bauteile eingehen, wobei Hersteller- und Vertriebsfirmen genannt werden. Die Herstellerangabe ist in der Hauptsache als Bezugsquelle für den Händler bestimmt.

Bauteile	Hersteller	Vertrieb
Vero-Board-Leiterplatten Vero-Board-Steckkarten	Vero-Elektronics GmbH 28 Bremen 1 Sedanstraße 44	Taubmann, Radio-Rim, Radio-Fern, Bauer u. a.
Steckerleisten	Harting (für Vero)	
Relais	Gruner	Radio-Rim u. a.
Transistorfassungen	Lumberg, Preh	Radio-Rim u. a.
Kühlkörper u. -sterne	Seifert	Radio-Rim u. a.
Potentiometer	Preh	überall erhältlich
Kondensatoren: Erofol u. Eromet	Roederstein	überall erhältlich
Elektrolytkondensatoren	Roederstein, Hoges	überall erhältlich
Widerstände: Resista und Vitrohm	Roederstein, Vitrohm	überall erhältlich
Halbleiter u. Zubehör	ITT-Intermetall, RCA	überall erhältlich
Schalenkerne	Valvo, Siemens	Fern, Rim, Werco u. a.
Ferritstäbe		Werco u. a.
Trolitul-Drehkondensatoren	Hermle, Gosheim	Rim, Werco, H. Bauer u. a.
Röhrenfassungen	Lumberg	überall erhältlich

Firmenanschriften

Arlt oHG	1000 Berlin 44 4000 Düsseldorf 6000 Frankfurt/Main 7000 Stuttgart-W	Karl-Marx-Str. 27 Friedrichstr. 61a Münchener Str. 4–6 Rotebühlstr. 93
Radio Atzert	1000 Berlin 11	Europahaus Stresemannstr. 100
Georg Bader	5000 Köln	Lindenstr. 54
Radio Gebr. Baderle	2000 Hamburg 1	Spitalerstr. 7 Kein Versand, nur Stadtverkauf
Ing. Hannes Bauer	8600 Bamberg	Hornthalstr. 8
Radio-Bitter	4600 Dortmund	Brückstr. 33
Bühler elektronik	A-1010 Wien	Marc Aurel-Str. 2
W. Conrad	8452 Hirschau/Opf.	
Fernseh-Haus Radio Dahms	6800 Mannheim 1, P 2, 7	Postfach 1907
Radio Dräger	7000 Stuttgart-S	Sophienstr. 21
Radio Feix	6100 Darmstadt	Wilhelminenstr. 29
Radio Fern	4300 Essen	Kettwiger Str. 56
Radio Freytag	7570 Baden-Baden 7500 Karlsruhe 7530 Pforzheim	Augustaplatz Karlstr. 32 Jägerpassage
Grieder Elektronik-Bauteile	CH - 4002 Basel	Peter-Merian-Str. 58
Mainfunk-Elektronik H. Wenzel	6000 Frankfurt/Main	Taunusstr. 21
Radio Menzel	3000 Hannover	Limmerstr. 3–5
Nadler-Radio-Elektronik GmbH.	4600 Dortmund 4000 Düsseldorf 3000 Hannover	Bornstr. 22 Friedrich-Ebert-Straße 41 Hamburger Allee 55
Richard Pöschmann	5000 Köln	Friesenplatz 13
Rhena-Electronic, Ing. Walter Zimmermann	6100 Darmstadt	Gagernstr. 1
Radio-Rim	8000 München 15	Bayerstr. 25
Radio Dipl.-Ing. H. Schelm	2300 Kiel	Preusserstr. 16
Radio Schlembach & Co.	5000 Köln	Brabanter Str. 57

Radio Taubmann	8500 Nürnberg	Vordere Sternstr. 11
Technik-Versand KG	2800 Bremen 17	Außer der Schleifmühle 68
Radio Völkner	3300 Braunschweig	Ernst-Amme-Str. 11
Wien-Schall	A-1043 Wien	Fach 55
Wiepking & Co.	2000 Hamburg 6	Schanzenstr. 115
Radio van Winssen	4600 Dortmund	Postfach 669, Brückstr. 52

Wichtiger Hinweis

Alle wiedergegeb[illegible] [illegible]ngen und Ve[illegible] [illegible]ne Rücksicht auf die [illegible] [illegible]itgeteilt. Sie [illegible] für Amateur- und Lehr[illegible] [illegible]timmt und dür[illegible] [illegible]ich genutzt werden.

SABROWSKY, LOTHAR

Der leichte Start zum Funkfernsteuern

319/321

Dreifach-Band

Der Selbstbau von hochmodernen, digitalgesteuerten Funkfernsteuerungen stellt den Modellbauer vor unüberwindliche Probleme, und es ist daher besser, zu einem Industrie-Produkt zu greifen. Dagegen lassen sich tonfrequenzgesteuerte Mehrkanal-Anlagen auch von Praktikern aufbauen, die nur über geringe Fachkenntnisse, bescheidene Meßmittel und ein schmales Taschengeld verfügen.

Für diesen Leserkreis enthält der vorliegende Band zahlreiche erprobte und äußerst unkomplizierte Bauanleitungen. Durch geschickte Aufbau- und Schaltungstechniken ist es möglich, einzelne Geräte oder vollständige Anlagen lediglich mit dem üblichen Kleinwerkzeug zu erstellen.

Lothar Sabrowsky ist kein Freund von Schreibtischweisheiten und von Schaltungen, die nur auf dem Papier funktionieren. Bei ihm muß alles erst erprobt und getestet sein und sich in der Praxis bewährt haben. Seine besondere Stärke liegt darin, mit den modernen Bauteilen der Elektronik klare und übersichtliche Geräte zu schaffen, die schaltungstechnisch unkompliziert und in der Funktion zuverlässig sind.
Umfangreiche Entwicklungsarbeiten im eigenen Labor lassen ständig Neues entstehen, so daß der Autor nicht auf bereits bekannte Industrieschaltungen angewiesen ist. Seine 20jährige Erfahrung in Service, Entwicklung und Fertigung schafft die Voraussetzungen dafür. Sein Hobby: KW-Amateurfunk mit geringstmöglichem Aufwand.

RADIO-PRAKTIKER VFM BÜCHEREI